Studienarbeit

Aufbau eines Echolink Gateways an der FHO und Entwicklung einer Echolink-Box



erstellt von

Philipp Fels und Sascha Endrulat, EN7

Studienarbeit Echolink Gateway mit Echolink-Box

Inhaltsverzeichnis:

1 Vorwort

Die nachfolgende Projekt wurde aufgrund der in der Studienprüfungsordnung für den Studiengang Nachrichten- und Kommunikationstechnik (EN) geforderten Studienarbeit Angewandte Nachrichtentechnik von Philipp Fels und Sascha Endrulat unter Betreuung von Herrn Professor Uhlenhoff durchgeführt.
Es wurden mehr als die in der StuPO angesetzten 4 SWS an Zeit für die Umsetzung aufgewendet.

1.1 Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versicheren wir, Philipp Fels und Sascha Endrulat, daß diese von uns gemeinsam angefertigte Studienarbeit ohne zuhilfenahme Dritter entstanden und eigenständig angefertigt worden ist.

1.2 Aufgabenstellung

Die Entwicklung eines Interface für die Verbindung von PC und Amateurfunkgerät mit Einbeziehung einer prozessorgesteuerten Multifunktionseinheit zum Betrieb und Aufbau einer Echolink-Gateway Station an der FH-Offenburg.

1.2.1 Geforderte Funktionen

Folgende Mindestanforderungen an die Funktionalität wurden an das zu entwickelnde Interface (Echolink-Box) gestellt:

- Galvanische Trennung von PC und Transceiver zu Vermeidung von Störungen (HF) und Masseschleifen
- Umschaltung von Sende- und Empfangsbetrieb (PTT Steuerung)
- Tonruferkennungsfunktion für die Unterscheidung der Funktionsebenen, Steuerfunktionen und Echolinkfunktionen
- Aussendung des Stationsrufzeichens (DL0FHO) nach auftasten des Gateways in Sprache oder in CW (A1A)
- All-in-one-Box Realisierung
- Erstellung einer Website zur Beschreibung der Station und deren Funktionen für Benutzer

1.2.2 Zusätzlich realisierte Funktionen

Folgende Funktionen und Eigenschaften wurden zusätzlich zu den genannten Mindestanforderungen im Projekt realisiert:

- Papagei Funktion (automatische Aussendung einer zuvor empfangenen Sprachnachricht nach Eingabe eines DTMF Codes, zur eigenständigen Überprüfung der HF-Verbindungsqualtität zum Gateway)
- Sprachgesteuerte Menüführung der lokalen Funktionen
- Erweiterbarkeit der Funktionalität durch Einsatz eines programmierbaren (Assembler, C usw.) Mikrocontrollers
- Fernwartung via HF- und Internetzugang

1.3 Einleitung

Das nachfolgend beschriebene Echolinksystem, für dessen Betrieb die Echolink-Box entwickelt wurde, stellt eine neue Betriebsart im Amateurfunk dar und verbindet das Internet mit dem Amateurfunkdienst.

Die Abgrenzung der nachfolgenden Ausführungen in dieser Studienarbeit, ist in der Client Funktion von Echolink auf einem lokalen PC System und dessen funktechnischer Belange zu sehen. Eine tiefergehende Betrachtung der Netztopologie sowie der Serverstrukturen und verwendeten Protokolle ist für die Realisierung und Entwicklung der Echolink-Box sowie den Aufbau des Gateways ohne Belang, und wird nachfolgend deshalb auch nur in rudimentärer Weise erörtert.

1.3.1 Echolink – Zweck der Betriebsart und Struktur

Echolink ist eine noch recht junge Betriebsart im Amateurfunkdienst, welche es erlaubt weltweit einzelne Funkstationen über das Internet miteinander zu vernetzen. Diese Vernetzung geschieht via einem Voice-over-IP Protokoll, welches durch Funkamateure für diese Betriebsart modifiziert und angepasst wurde.
Genutzt werden kann das Echolink System, sobald man sich in Funkreichweite einer mit Echolink ausgestatteten Amateurfunkstelle (Gateway) oder einer Relaisfunkstelle mit Echolink Anbindung (Repeater) befindet.
Eine weitere Möglichkeit diese Betriebsart zu nutzen ist, sich über einen an das Internet angeschlossenen PC und der Software Echolink for PC in das System zu verbinden. Um die Software benutzen zu können, ist eine Authentifizierung nötig, für diese eine gültige Amateurfunklizenz beim Herausgeber der Software vorgelegt werden muss.

Nachfolgendes Schema soll den Aufbau des Echolink-Netzwerkes graphisch verdeutlichen:

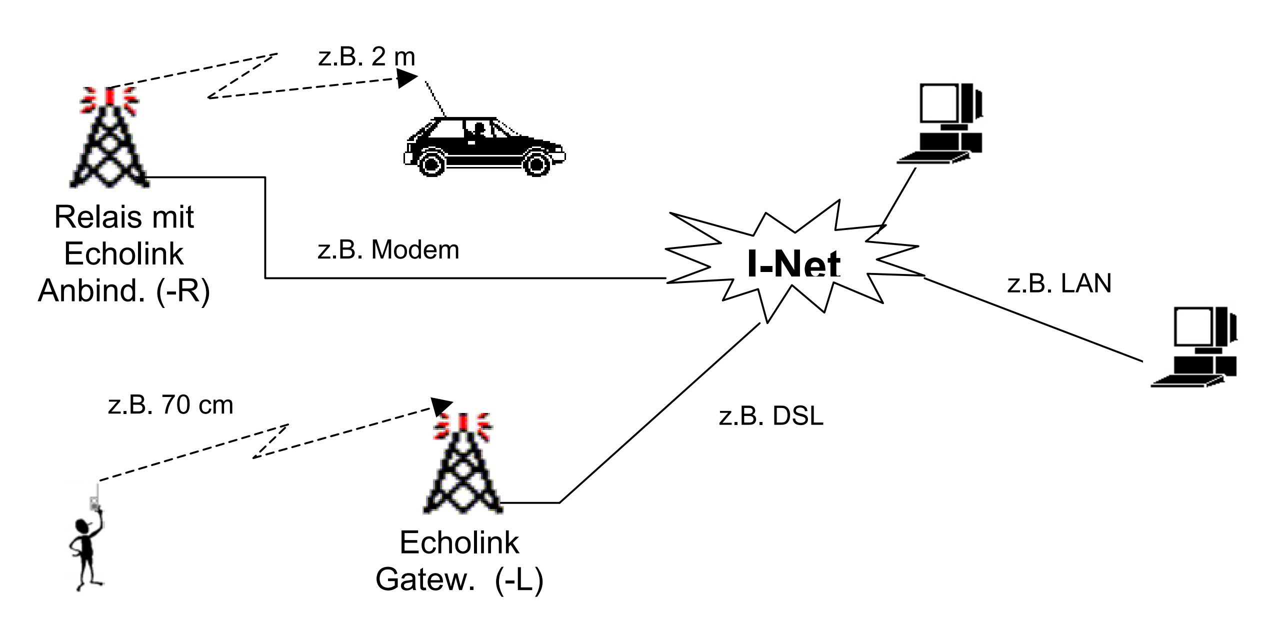


Abbildung (1.3.1 a) Schema Echolink-Netzwerk

1.3.2 Eingesetzte Technik

Wie schon beschrieben, wird zur Übertragung der Sprachinformationen ein modifiziertes Voice-over-IP Protokoll verwendet. Eine genaue Beschreibung dieses Protokolls und weitere Informationen über die Serverstruktur und den Aufbau des Netzes finden sich unter [1].
Als Schnittstellen zwischen der funktechnischen Hardware und der Netzinfrastruktur sind meist handelsübliche PCs im Einsatz, auf welchen das Programm Echolink installiert ist und im Server Modus konfiguriert sein muss.
Die Kopplung zwischen der im PC eingebauten Soundkarte und dem Transceiver bildet z.B. die in diesem Projekt entwickelte Echolink-Box. Sie bietet neben der Vermeidung von Massebrummschleifen und der galvanischen Trennung der Komponenten die in Punkt 1.2.1. und 1.2.2. aufgeführten Features als zusätzliche Funktionalität gegenüber herkömmlich eingesetzten Interface – Lösungen, welche meist ausschließlich auf der Funktion der galvanischen Trennung des PCs (der Soundkarte) und dem Funkgerät aufsetzen.

[1] http://www.echolink.org

1.3.3 Aufbau der Echolink-Box

Die Echolink-Box ist modular geplant und aufgebaut. Dieser modulare Aufbau wurde gewählt, damit sämtliche Einzelmodule auch gegebenenfalls, wie im Amateurfunk üblich, für andere Einsatzzwecke benutzt werden können. Die dadurch jedoch entstehende Anforderung, die einzelnen Module miteinander verbinden zu müssen wurde dadurch gelöst, indem die Platinenlayouts der Einzelmodule so designed worden sind, dass sie über busähnliche Verbindungen miteinander verdrahtet werden können. Der Nebeneffekt dieser Planung ist, dass es jederzeit möglich ist, die Gesamtschaltung auf individuelle Bedürfnisse anpassen zu können. So ist es z.B. problemlos möglich einzelne Module, falls nicht für die Anwendung benötigt, zu entfernen bzw. weitere Komponenten oder noch zu entwickelnde Module einfach anzubinden.
Im momentanen Ausbaustand besteht die Echolink-Box aus den folgenden Einzelmodulen, welche allesamt für das Zusammenwirken in der Anwendung optimiert wurden:

- Kopplereinheit (galvanische Trennung und NF Übertragung)
- Sprachmodule (Speicherung der Menüpunktansagen)
- DTMF Decodereinheit (Decodierung und Auswertung der Steuersign.)
- Schalteinheit (Schaltung interner und externer Funktionen)
- Prozessor - Einheit HC12 (zentrale Steuereinheit für alle Module)

Die Prozessoreinheit, welche den 16-Bit Mikrocontroller HC12 der Firma Motorola beherbergt, besteht aus einem Evaluation-Board und den für einen zuverlässigen Betrieb nötigen Beschaltungskomponenten sowie der in Assembler geschriebenen Software zur Steuerung der angeschlossenen Module. Eine genaue Dokumentation dieser Software und deren Entwicklung findet sich im Punkt 3. ff

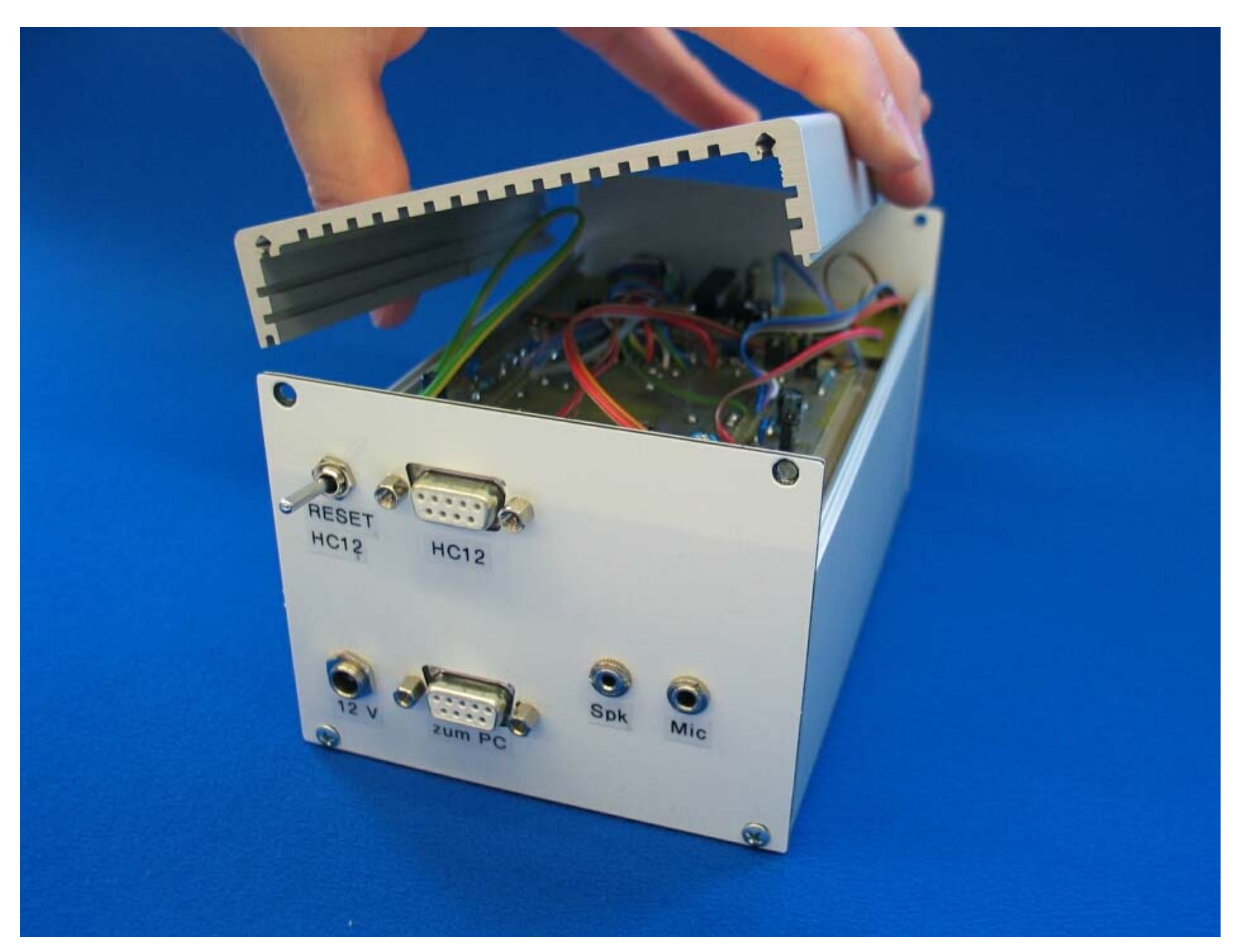


Abbildung (1.3.3. a) Geöffnetes Gehäuse

1.3.4 Beschreibung Gesamtsystem

Herzstück der Echolink-Box ist der 16-Bit Mikrocontroller HC12. Über seine digitalen Ein- und Ausgänge bekommen alle Einzelmodule ihre Steuerbefehle, welche durch die Software definiert werden können.
Im Zusammenspiel und darauf abgestimmt, ist die Software Echolink auf dem PC aktiv und läuft parallel und weitestgehend autark zu den Aktivitäten im Mikrocontroller ab. Somit ist es zum Beispiel möglich, den HC12 so zu programmieren, dass er die Funktion des PCs überwacht und bei einem Systemfehler z.B. einen Reboot auslöst. Diese Funktion ist jedoch im jetzigen Softwarestand V1.0 nicht implementiert.

Die Kopplereinheit übernimmt in erster Linie die Funktion der galvanischen Trennung der PC und Transceiver-Seite sowie die Übertragung der NF von der Soundkarte des PCs zum Funkgerät und zurück, wobei dieses auf zwei getrennten Kanälen jeweils für Hin- und Rückweg realisiert ist. Da bei der Echolink Anwendung aus betriebstechnischen Gründen keine Vollduplex-Funktionalität benötigt wird, wäre es auch möglich gewesen, die Kopplereinheit

schaltungstechnisch einfacher zu gestalten. Die realisierte Variante wurde aber wie bereits erwähnt deshalb so gewählt, damit sie auch für andere Anwendungen verwendet werden kann. Zum Beispiel ist sie als Verstärker von Audio oder Subaudiosignalen für Messeinrichtungen oder auch im Telekommunikationsbereich einsetzbar.

Messungen im Prototypenstadium mit einem Spektrumanalyzer haben gezeigt, dass der übertragene Frequenzbereich von wenigen 10 Hertz bis mehreren 10 Kilohertz linear und verzerrungsfrei verläuft. Durch geringe Modifikationen an Eingangs- und OP-Beschaltungsimpedanzen ist theoretisch eine Verstärkung von bis zu 12 dB realisierbar.

Damit sich die Kopplereinheit ohne größeren technischen und finanziellen Aufwand reproduzieren lässt, haben sich die Autoren nach Betrachtung einiger technischer Möglichkeiten dazu entschlossen, diese so zu gestalten, dass die galvanische Trennung zwischen dem Echolink PC und dem Transceiver auf Basis von Optokopplern realisiert wird.

Die Gründe, speziell für den Einsatz von Optokopplern anstelle von herkömmlichen Übertragern, sind vielfältig und einige nachfolgend aufgeführt:

- Optokoppler sind kostengünstig und leicht zu beschaffen
- die Schaltung kann aufgrund von fehlenden Übertragern in den Ausmaßen klein gehalten werden (SMD Version bei weiterer Entwicklung vorgesehen)
- die Grundschaltung ist auch in anderen Bereichen wie Relaisfunkstellen oder Messeinrichtungen ohne Veränderungen verwendbar
- die NF-Übertragungsbandbreite von Optokopplern ist wesentlich größer als bei Verwendung von Übertragern

Die Schaltung wird dadurch auch weitestgehend unempfindlich gegen HF Einstrahlungen.

Ein weiterer Grund für die Verwendung von Optokopplern sind Materialkosten für die Kopplereinheit. Diese belaufen sich (ohne geätzte Platine) dadurch auf ca. 10 EUR.

Die Sprachmodule, welche zur permanenten Speicherung der im sprachgesteuerten Menü verwendeten Ansagen und der temporären Speicherung der für die Papagei - Funktion aufgenommenen Testaussendungen der Gatewaybenutzer eingesetzt werden, sind nach den Grundschaltungen der Sprachspeicher-IC Hersteller (hier Winbond)

aufgebaut und zusätzlich für diesen Einsatz optimiert. Der in den Modulen verwendete IC aus der ISD-Serie 14xx ist ein Single-Chip Sprachspeicher Aufnahme/Wiedergabe Gerät, welches abhängig vom eingesetzten Typ bis zu 20 Sekunden Sprache mit einer guten Telefonqualität (4 KHz Sampling Rate) in adressierten Blöcken speichern und aus diesen wiedergeben kann.
Der von uns aus Kosten- und Beschaffungsgründen verwendete ISD 1416 hat eine Sprachspeicherkapazität von ca. 16 Sekunden und wird doppelt, also in zwei separaten Modulen eingesetzt.

Theoretisch wäre es möglich gewesen, den HC12 Mikrocontroller mit seinen vorhandenen A/D Ein- und D/A Wandler Ausgängen für die Aufnahme und Speicherung der Menü-Ansagetexte zu konfigurieren. Dies hätte jedoch eine zusätzliche Anschaltung eines nicht flüchtigen Speicherelementes in Form eines zusätzlichen EEProm oder Flash-Prom an den HC12 bedurft. Dieses wäre mit einem Engpass im Bereich der Adressleitungen für die Ansteuerung dieses Speichers sowie der Problematik der zeitkritischen Verarbeitung der digitalisierten Audiosignale verbunden gewesen. Der Aufwand für diese zusätzliche Entwicklung hätte in keinem Verhältnis zur Verwendung des bereits fertigen, optimal für diese Anwendung abgestimmten Sprachspeichermoduls gestanden.

Die DTMF Decodereinheit setzt die vom Gateway Benutzer zur Steuerung der Echolink-Box ausgesendeten DTMF Steuerbefehle, welche nachfolgend in 1.4. ff beschrieben sind in eine 4--Bit-Sequenz um. Diese 4-Bit Folge wird dann dem HC12 nach erfolgreich erkanntem und decodiertem Steuerbefehl zu Verarbeitung in der Software zu Verfügung gestellt.
Verwendet wurde ein speziell für diesen Zweck entwickelter IC der Firma Zarlink mit der Bezeichnung MT 8870. Es handelt sich bei diesem Baustein um einen kompletten DTMF Empfänger mit geringer Leistungsaufnahme und für den Audio-Bereich optimierter Eingangsimpedanz. Die wenigen benötigten externen Bauteile sind im Platinenlayout einfach zu positionieren und kostengünstig in der Beschaffung. Das erstellte Layout basiert auf der vom Hersteller empfohlenen Beschaltung mit zusätzlichen Modifikation zur manuellen Anpassung der Eingangsimpedanz.

Die Schalteinheit hat die Aufgabe, vom HC12 geschaltete Ausgänge zu übertragen und so z.B. die NF bei wechselnden Sende- oder Empfangsvorgängen ein- oder auszuschalten. Sie übernimmt auch die Betätigung der Sendefunktion des Transceivers (PTT) und die Anschaltung externer Baugruppen oder Geräte. Möglich würde dadurch

z.B. die in dieser Version der Software noch nicht realisierte Schaltung des Reset am PC durch den HC12 bzw. durch Steuerbefehl des Gateway - Benutzers.
In der Steuereinheit, welche aufgrund von Erfahrungen im Bereich der verwendeten Bausteine aus ähnlichen Applikationen schaltungstechnisch von den Autoren entwickelt wurde, sind Bausteine der 74er Familie eingesetzt. Der verwendete 74HC4066 ist ein elektronischer Schalter mit 4-Kanälen und idealen bilateralen Schalteigenschaften im NF Bereich. Er zeichnet sich durch einen geringen Widerstand für den Schaltpfad im angesteuerten und einer großen Durchgangsdämpfung im schaltungstechnisch geöffneten Zustand aus.
Des weiteren sind auf der Steuereinheit mehrere NF Schaltpfade, schaltbare Potentiale und ein Reedrelais realisiert, mit welchem auch 230 V Geräte direkt über die Software des HC12 angesteuert werden können.

1.3.5 Zusammenarbeit der einzelnen Module

Sobald der Gateway – Benutzer durch den DTMF Steuerbefehl Stern (*) die lokale Benutzerebene der Echolink-Box erreicht, wird nach Decodierung des DTMF Steuersignals durch die DTMF Decodereinheit dem HC12 das Signal zur Aktivierung des Audiosignals der Echolink-Box auf dem NF Pfad über die Kopplereinheit an den Eingang des Transceivers gegeben. Das Sprachmodul 1 gibt nun, sobald der HC12 dieses im entsprechenden Adressbereich (im welchem sich die Begrüßungsansage befindet) angesteuert hat und gleichzeitig die PTT Funktion am Transceiver durch die Schalteinheit betätigt wurde, den Begrüßungstext an den Benutzer aus. Nachdem der gespeicherte Text ausgesendet wurde, dedektiert der HC12 den EOM (End of Message) Marker, welchen er vom Sprachmodul nach Ende der Ansage signalisiert bekommt. Der HC12 schaltet nun die PTT ab und die DTMF Decodereinheit ist bereit für weitere Eingaben durch den Benutzer. Dieser hat nun mit der Auswahl der entsprechenden Ziffer die Möglichkeit, verschiedene Informationen zur Ansage zu bringen (Standort, Parameter usw.) oder sich durch die Funktion der automatischen Sprachwiedergabe (Papagei - Funktion) eine zuvor von ihm ausgesendete Testsequenz zur Kontrolle der HF Verbindungsqualität zum Echolink-Gateway ausgeben zu lassen. Dabei aktiviert der HC12 das Sprachmodul 2. Die PTT wird betätigt und nach Ansage der Aufforderung eine Testsequenz zu senden nimmt das Sprachmodul in einen dafür reservierten Bereich diese Testsequenz auf. Nach einer kurzen Wartezeit wird vom HC12 über die Schalteinheit die

PTT erneut betätigt und das Sprachmodul 2 veranlaßt, die aufgezeichnete Testsequenz abzuspielen, welche nun auf den NF Pfad über die Kopplereinheit an den NF-Eingang des Transceivers übertragen wird.

Die Zusammenarbeit bzw. die Beeinflussung der Module untereinander bei verschiedenen gewählten, hier nicht näher beschriebenen Funktion ist auch dem Programmablauf-Diagramm zu entnehmen.

Die Kopplereinheit funktioniert im normalen Echolink Betrieb (globale Ebene, siehe nachfolgende Ausführungen) ohne Beeinflussung durch den HC12.

1.3.6 Benutzerebenen Echolink und Echolink-Box

Im normalen Echolink Betrieb (globale Ebene), tritt die Echolink-Box nur in sofern in Erscheinung, in dem die Kopplereinheit der Box die NF Verbindung zwischen PC (Soundkarte) und dem Transceiver sowie die PTT Umschaltung realisiert. Ansonsten werden alle Funktionen für den Betrieb des Echolink - Gateways von der auf dem PC laufenden Echolink for PC Software verwaltet, deren Betrachtung hier nur peripher Teil des Projektes war.

Durch Umschaltung in den lokalen Betrieb wird dieser normale Echolink Betrieb abgeschaltet und das Gateway agiert vorübergehend nur auf der Ebene des HC12.

Hier eine schematische Darstellung der beiden Ebenen:

<u>Normaler Echolink Betrieb:</u>

PC ←→ Kopplereinheit ←→ Transceiver

HC12 (steuert): Sprachmodul

Lokaler Betrieb (nach Wahl des DTMF Signals Stern *):

PC Kopplereinheit ←→ Transceiver



HC12 (steuert): Sprachmodul

1.4 Bedienungsanleitung

Die nachfolgende Bedienungsanleitung ist im Top-Down Ansatz aus Sicht des Benutzers zu verstehen, welcher sich via HF in Verbindung mit dem Gateway befindet.

Normaler Echolink Betrieb (globale Ebene)

- Gateway - Frequenz frei
- Benutzer kann das Echolink Gateway wie gewöhnlich bedienen (Funktionen der Software Echolink for PC im Gateway Modus)
- Durch Eingabe einer Nummer eines anderen Gateways (via DTMF Töne) verbindet die Software den Benutzer zum gewünschten Gateway, falls dieses erreichbar ist
- Es können sich nun weitere Benutzer in der Umgebung des Einstiegs-Gateways sowie aber auch bis zu 2 weitere Benutzer oder Gateways via Internet an der Verbindung beteiligen
- Die Verbindungen können teilweise oder allesamt vom lokalen Benutzer jederzeit getrennt werden

Weitere Bedienungshinweise für den „normalen“ Betrieb eines Gateways via Standard eingestellten DTMF Tonfolge – Kommandos, sind auf der Website der Echolink Organisation unter [1] oder eine ins Deutsche übersetzte Version einer allgemeinen Bedienungsanleitung auch für die Software Echolink for PC (im Gateway – Modus) unter [2] zu finden.

[1] http://www.echolink.org
[2] http://www.satszene.ch/hb9dww/echolink/portal.htm

Hier zur Übersicht die Wichtigsten DTMF Kommandos im globalen Betrieb:

Connect:	Nummer des Gateways eingeben
Zufallsverbindung weltweit:	01
Zufallsverbindung in DL:	011
Disconnect:	#
Disconnect Alle:	# #
Reconnect:	09
Status:	08
Lokale Ebene:	*

1.4.1 Lokale Funktionen

Sobald ein Benutzer via HF auf der Gateway – Frequenz in der globalen Benutzerebene, sofern keine Verbindungen via Internet zu anderen Benutzern oder Gateways bestehen, das DTMF Kommando „Stern" (*) sendet, schaltet die Echolink – Box das System in den lokalen Betrieb um.

Es wird nun automatisch ein Begrüßungstext mit der Stationskennung (DL0FHO) und den nachfolgend beschriebenen Auswahlpunkten ausgegeben.
Nach dieser Ansage hat der Benutzer 10 Sekunden Zeit, einen Menüpunkt über den entsprechenden DTMF Ton auszuwählen.
Das System befindet sich in dieser Wartestellung nun in der Hauptebene der lokalen Funktionen.

Hier stehen und folgende, momentan implementierte Funktionen zu Auswahl:

Ansage der Stationsdaten	1
Papagei – Funktion	9
Rückkehr globale Benutzerebene	#

Zur Auswahl des Menüpunktes 1:

Nach Auswahl dieses Menüpunktes gibt das System Stationsdaten wie z.B. den Locator bzw. das Rufzeichen sowie den Standort in Sprache aus.

Zur Auswahl des Menüpunktes 9:

Nach Auswahl dieses Menüpunktes wird die sogenannte Papagei - Funktion aktiviert.
Es handelt sich dabei um die Möglichkeit z.B. bevor eine Verbindung zu einem anderen Gateway hergestellt wird seine eigene, beim Gateway ankommende und eventuell durch den HF – Übertragungsweg in Mitleidenschaft gezogene Aussendung auf die Verbindungsqualität hin zu überprüfen. Dies macht insbesondere Sinn, wenn man als Benutzer weit entfernt oder sich unter non – line of sight Bedingungen im Bezug auf das zu erreichende Einstiegs - Gateway befindet.

Nach der Aktivierungsansage der Funktion schaltet die Echolink-Box für ca. 10 Sekunden auf Aufnahme um und zeichnet die Testaussendung temporär digital auf. Sollte die Testaussendung kürzer als 10 Sekunden andauern, wird eine Wartezeit aktiviert, bevor dann der Inhalt des getätigten Testes vom System automatisch an den Benutzer zurück ausgesendet wird.

Zur Auswahl des Menüpunktes #:

Nach Auswahl dieses Menüpunktes wird das System wieder in den ursprünglichen Zustand der globalen Ebene versetzt. Nun ist eine Benutzung nach den „normalen“ DTMF Codes, wie sie im Programm Echolink for PC standardmäßig eingerichtet sind, wieder möglich.

Nach Abarbeitung der Funktionen jeder (mit Ausnahme der Funktion #) dieser Menüpunkte, befindet sich das System wieder auf der Hauptebene der lokalen Funktionen.

Sollte innerhalb einer Zeitspanne von ca. 10 Sekunden dann nicht erneut eine gültige Auswahl durch den Benutzer getroffen werden, verabschiedet sich das System mit einem „73“ und wechselt automatisch auf die globale Benutzerebene zurück. Um wieder auf die lokale Ebene zu gelangen müßte nun erneut das DTMF Kommando Stern (*) gesendet werden.

<u>Hinweis:</u> Sollte während einer lokalen Session eine Verbindung aus dem Internet zum Gateway aufgebaut werden, wird die lokale Benutzerebene automatisch verlassen und das Gateway umgehend in den normalen Echolink Betrieb überführt. Es ist somit gewährleistet, daß keine ankommende Verbindung „übersehen“ und somit nach regulärer Rückkehr in den normalen Echolink Betrieb der Benutzer von einer bestehenden Verbindung aus dem Internet möglicherweise keine Kenntnis erhält, da die Stationskennung usw. dieser ankommenden Verbindung ansonsten unter diesen Umständen in keinster Weise signalisiert werden würde.

1.4.2 Bedienelemente und Anschlüsse

Die Echolink-Box ist, um das bisherige Konzept der galvanischen Trennung beider Seiten konsequent weiter nach außen zu tragen, in zwei Anschlußseiten aufgeteilt. Zum Einen die Seite, auf der sämtliche Schnittstellen zum Echolink – PC angeordnet sind, und zum Anderen die Seite, auf welcher sich die Schnittstellen für den Anschluß an den Transceiver befinden. Auf der PC - Seite sind ebenfalls die Bedienelemente angeordnet.

Die Bedienelemente der Echolink-Box sind hierbei auf die nötigsten Funktionen für den Normalbetrieb der Box in einem Echolink-Gateway reduziert. Der integrierte Taster ist für das Auslösen eines Mikrocontroller – Resets vorgesehen. Diese Funktion kann nach einem Spannungsversorungsausfall an der Echolink-Box zur Herstellung eines definierten Zustandes des integrierten Mikrocontrollers (HC12) benutzt werden. Dies ist nötig, da bei einem undefinierten Zustand die bestimmungsgemäße Funktion der Software nicht garantiert werden kann.

Auf der PC - Seite befinden sich ebenfalls noch die nachfolgend aufgeführten Schnittstellen und deren Anschlußeinheiten:

Bezeichnung	Ausführung
RS-232 Verbindung zum Echolink – PC	Sub-D weiblich
RS-232 Verbindung zur HC12 Programmierung	Sub-D weiblich
Mikrofoneingang Soundkarte	2,5 mm Klinke
Lautsprecherausgang Soundkarte	3,5 mm Klinke
Externe Spannungsversorgung	5,5 mm Hohlstecker

Auf der Transceiver - Seite befindet sich die nachfolgend aufgeführte Schnittstelle und deren Anschlußeinheit:

Bezeichnung	Ausführung
Verbindung Transceiver ←→ Echolink-Box	Sub-D männlich

Die Belegungen der einzelnen Schnittstellen sowie die Ausführung der zugehörigen Verbindungsleitungen sind hier nachfolgenden aufgeführt:

RS-232 Verbindung zum Echolink – PC:

PIN 5 ←→ Kopplereinheit GND
PIN 7 ←→ PC>FUG (PTT)
PIN 8 ←→ Kopplereinh. Spg. Versorg. 5V via PS2 (PC)

Verbindung Transceiver zum Transceiver:

PIN 1 ←→ Kopplereinheit RX_NF/1
PIN 2 ←→ Kopplereinheit GND_NF/1
PIN 3 ←→ Kopplereinheit FUG>GND/1 (PTT)
PIN 4 ←→ Kopplereinheit TX_NF/MIC/1
PIN 7 ←→ Kopplereinheit 12V_FUG/1

1.5 Echolink for PC Software, Firewall Einstellungen, Fernwartung

In diesem Abschnitt soll kurz ein Abriß über die nötigen Parameter – bzw. deren Veränderungen in der Echolink Software beim Einsatz der Echolink-Box sowie über die Besonderheiten für die Einstellungen in laufenden Firewalls und im Bezug auf die eingesetzte Fernwartungssoftware VNC gegeben werden. Diese Applikationen sind zwar nicht direkt Gegenstand der Aufgabenstellung, müssen aber für eine Vervielfältigung des beschriebenen Gesamtsystems und dessen Einsatz entsprechend konfiguriert und auf die Gegebenheiten angepasst werden.

1.5.1 Echolink for PC Einstellungen

Es wird bei dieser Betrachtung davon ausgegangen, daß sich die Echolink for PC Software bereits im fertig konfigurierten und funktionierenden Gatewaybetrieb befindet. Somit werden nur die Änderungen, welche durch den Einsatz der Echolink-Box gegenüber sonstigen Lösungen von Nöten sind hier angegeben.

Aufgrund der Tatsache, daß die lokale Benutzerebene der Echolink-Box durch das DTMF– Steuerzeichen Stern (*) erreicht wird und dieses in den Default- Einstellungen ursprünglich für die Ansage der Stationskennung vorgesehen ist, wird es, um Kollisionen bei der Auswertung der DTMF- Steuerbefehle zu vermeiden, notwendig im Menü

Tools -> Sysop Settings -> DTMF

in der Liste Function beim Eintrag „PlayInfo“

das Zeichen Stern (*) zu entfernen.

Des weiteren sind die Soundkarten Audioeinstellungen für Line-in und Wave (out) bzw. die der Gesamtlautstärkeregelung auf die neuen Gegebenheiten anzupassen. Der Abgleich sollte experimentell erfolgen, da diese Einstellungen sehr von den hardwaremäßigen Gegebenheiten des angeschlossenen Transceivers (Eingangsempfindlichkeit des Mikrofonverstärkers und Ausgangspegel der NF-Verstärkerstufe) abhängen. Wichtig ist hierbei, dass die Pegel an der Soundkarte nicht zu hoch gewählt werden, da sonst massive Verzerrungen oder auch eine eventuelle Übersteuerung der sich im Kopplermodul befindlichen Eingangsverstärkerstufen die Folge sein können.

Für die Fernsteuerbarkeit des Systems via HF-Zugang ist in der oben beschriebenen Liste Function beim Eintrag „LinkDown“ und „LinkUp“ jeweils eine unterschiedliche, beliebige sechsstellige Zahlenkombination einzutragen. Diese Zahlenkombination kann nun dafür verwendet werden, das Gateway über die HF-Verbindung und unter Verwendung der Aussendung dieser Zahlenfolgen ein- oder auszuschalten. Dies geschieht wie schon mehrfach beschrieben ebenfalls mit Hilfe der DTMF Töne.

1.5.2 Firewall Einstellungen

Im letzten Abschnitt wurde davon ausgegangen, daß die Echolink for PC Software bereits funktionsfähig konfiguriert und somit lauffähig eingerichtet ist. Dennoch sollen hier kurz Empfehlungen zu den Einstellungen einer möglicherweise auf dem PC laufenden Firewall, im Bezug auf die nötigen Freigaben der von der Software benutzen Ports, gegeben werden. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang auch, dass die Ports aus Sicherheitsgründen jeweils nur explizit für die Anwendung echolink.exe freigegeben werden sollten. Somit wird sichergestellt, dass sich keine Sicherheitslücken im PC-System ergeben.

Folgende Ports benötigen eine Freigabe:

Regel	Protokoll	Port(lokal)	Port(extern)
in-permit	TCP in	port:5801	any_adr:any_port
in-permit	UDP in	port:5198, 5199, 5801	any_adr:any_port
out-permit	TCP out	any_port	any_adr:5200
out-permit	UDP out	any_port	any_adr:5198,5199

Diese Portfreigaben sind mit dem installierten Programm Echolink (echolink.exe) zu verknüpfen.

Weiterhin ist für den Betrieb der im nächsten Abschnitt beschriebenen Fernwartungssoftware VNC die folgende Freigabe nötig:

Regel	Protokoll	Port(lokal)	Port(extern)
in-permit	TCP in	port:5800, 5900	any_adr:any_port

Diese Port-Freigabe ist mit dem (optional) installierten Programm VNC (winvnc.exe) zu verknüpfen.

Hinweis:

Durch die Freigabe der oben aufgeführten Ports, speziell der für die Fernwartungssoftware VNC, können potentiellen Angreifern aus dem Internet sowie aus Intranetzen Möglichkeiten geboten werden, Zugriff auf den PC zu erhalten und somit Veränderungen am System bzw. dessen Sicherheitseinstellungen vorzunehmen. Daher ist es sehr zu empfehlen, den so freigegebenen PC von sonstigen Netzwerkverbindungen wie den Anschluß an ein sicherheitskritisches Ethernet oder LAN abzukoppeln bzw. ihn durch eine weitere, externe Firewall zu separieren.

1.5.3 Fernwartung (VNC)

Die Software VNC ist eine im Internet frei erhältliche Software [3] für die Fernsteuerung /-wartung eines PC‘s via Inter- oder Intranet. Der fernzuwartende PC lässt sich über einen Standardbrowser steuern.

Diese Variante der Fernwartung ist gewählt worden, da der in diesem Projekt verwendete PC nicht die erforderliche Rechnerleistung für die Installation eines neueren Betriebssystems (als das mit Windows 98 verwendete) erlaubt. Bei einer Installation von z.B. Windows 2000, XP Home oder höher ist die Verwendung der (bereits in diese Betriebssysteme integrierten) Software RDP zu empfehlen, da zum Ersten der bereits angesprochene Sicherheitsaspekt bei dieser Software unkritischer als bei VNC und zum Zweiten der Bedienungskomfort sehr angenehm und auch für einen Benutzer, der sich mit Fernwartung von Systemen noch nicht eingehend beschäftigt hat, sehr einfach zu handhaben ist.

[3] http://www.realvnc.com

Auf die Bedienung und die Installation der beiden Programme soll hier nicht näher eingegangen werden.

Zu erwähnen ist jedoch, daß bei der Verwendung der Software RDP andere, als die oben für VNC beschriebenen Ports in der Firewall frei geschaltet werden müssen (siehe Hilfe der Software).

1.6 Zusammenfassung

Die in diesem Projekt realisierte Echolink-Box ist eine Mikroprozessor gesteuerte, modular aufgebaute Interfaceeinheit, welche in der Lage ist, einen handelsüblichen PC mit einem beliebigen Amateurfunkgerät zu verbinden. Unter Zuhilfenahme verschiedener, frei verfügbarer Programme wie Echolink for PC, VNC usw. läßt sich damit ein fernwartbares Echolink – Gateway aufzubauen.

Alle im Pflichtenheft des Projektes geforderten Funktionen und weitere, darüber hinausgehende Funktionalitäten wurden in Hard- und Software implementiert.

Es wurde bei der Entwicklung darauf geachtet, daß sowohl die Hardwarekomponenten (wie im Amateurfunk üblich) einzeln für andere Bereiche einsetzbar sind und die Box in beliebigen Ausbaustadien betrieben werden kann, je nachdem welche Funktionalitäten der Betreiber benötigt. Des weiteren wurde bei der Programmierung des Mikrocontrollers in Assembler darauf geachtet, daß die Software einfach strukturiert ist und durch die Verwendung eines modularen Aufbaus jederzeit erweitert werden kann.

Weitere Punkte, die bei der Entwicklung der Box entscheidenden Einfluß hatten, waren die leichte Reproduzierbarkeit der Schaltungen (einseitige Platinenlayouts) und ein geringer Preis für die verwendeten Komponenten (Optokoppler statt Übertrager usw.). Der erste Punkt konnte beim Layout der Platine des Kopplermoduls leider nicht gehalten werden, da die Packdichte der Bauelemente aufgrund der vorgegebenen Platinengröße (halbes Europlatinenformat) sonst das Routing der Leiterbahnen nahezu unmöglich gemacht hätte.

In der Echolink-Box sind die einzelnen Hardwaremodule über eine busähnliche Verdrahtung miteinander verbunden und in ein Gehäuse aus Aluminium, welches von zwei Seitenwänden aus Kunststoff begrenzt wird, eingebaut. Da die Echolink-Box auch in erster Linie die Funktion der galvanischen Trennung zwischen PC und Funkgerät realisiert, ist

diese Trennung auch beim Gehäuse somit konsequent fortgeführt worden. Es macht aus der Sicht der Autoren keinen Sinn, die Geräte aufwendig schaltungstechnisch voneinander zu trennen und später die Massen über das (Metall-)Gehäuse wiederum miteinander in direkte Verbindungen zu bringen. Durch die dadurch entstehende, vollständige Entkopplung der beiden Geräte wird verhindert, das symmetrische und asymmetrische Störsignale übertragen, sowie Brummschleifen und ähnliche EMV technische Probleme wirkungsvoll verhindert werden.

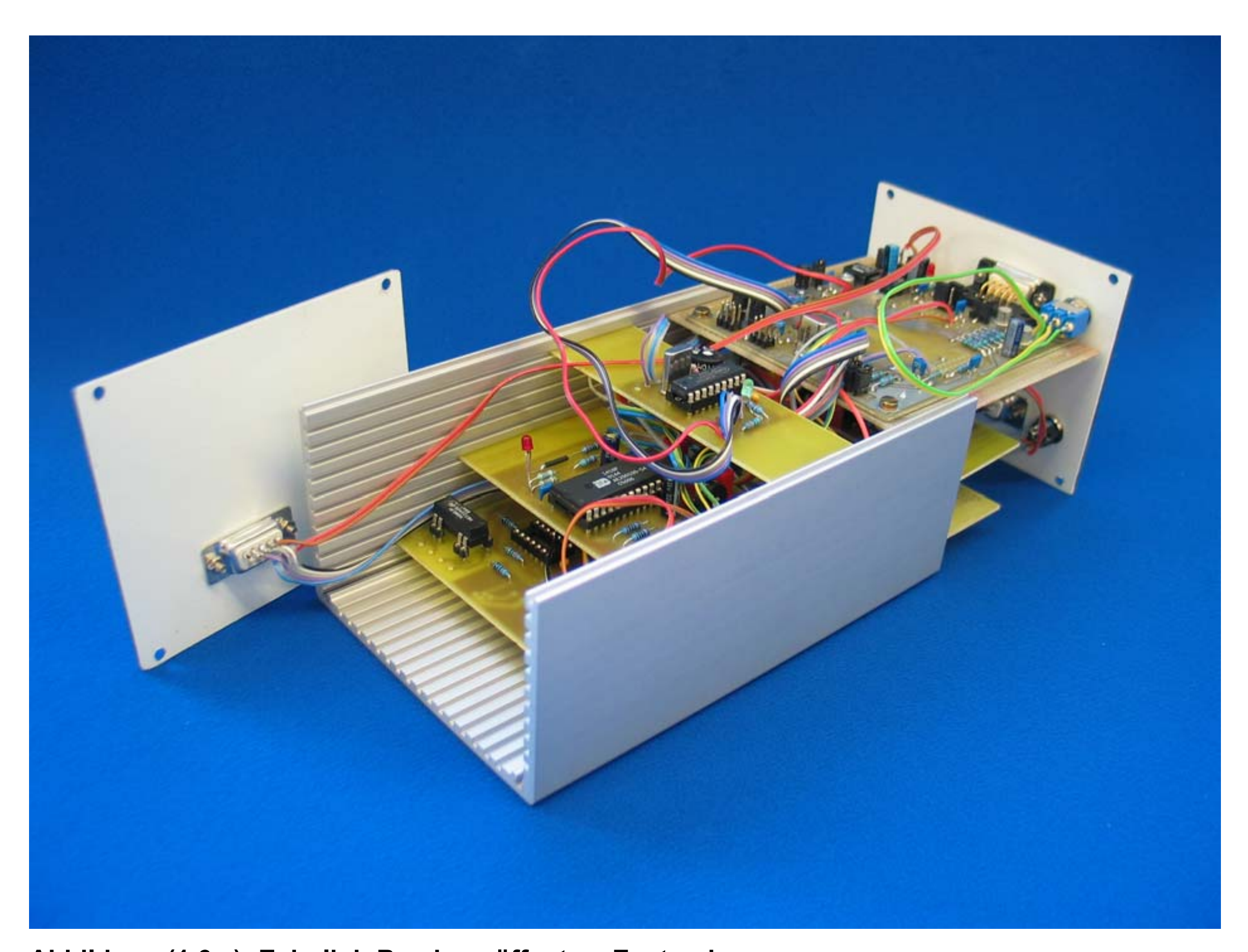


Abbildung (1.6 a): Echolink-Box in geöffnetem Zustand

2 Einführung modularer Aufbau

Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln unschwer zu erkennen war, liegt der Einsatzbereich der gesamten Studienarbeit im Amateurfunk – hier natürlich explizit in der Funktion als eine sehr komfortable und in der Funktion vielfältig erweiterbaren Echolink-Station. Da jedoch gerade hier, dem interessierten Funkamateur, die Möglichkeit gegeben werden sollte, die gesamte Arbeit ohne wesentliche technische Voraussetzungen nachbauen zu können oder auch Elemente aus dem Gesamten herausnehmen und für andere Anwendungen einzusetzen zu können, standen folgende wesentlichen Aspekte bei der Realisierung der Arbeit im Vordergrund:

Reproduzierbarkeit:

Der gesamte Nachbau der Arbeit sollte für einen geübten „Bastler“ zumindest insoweit realisierbar sein, dass die komplette Herstellung, angefangen bei den Platinen bis hin zum endgültig verdrahteten Gesamtsystem im Gehäuse, in einem gut ausgestatteten Hobbykeller, bzw. mit den im nahen Umfeld der Funkfreunde meist vorherrschenden Mitteln, getätigt werden kann. Es wurde darauf geachtet, dass dies weitestgehend mit Bauteilen und –gruppen bewerkstelligt werden kann, die in entsprechenden Massen zur Verfügung stehen und dem zufolge zu einem relativ günstigen Preis erhältlich sind.

Modularer Aufbau:

Es mag auf den ersten Blick abschrecken, dass für die Herstellung der Studienarbeit insgesamt vier unterschiedliche Platinen entwickelt wurden und im gesamten System sechs Platinen verbaut wurden. Jedoch wurde bei der Entstehung gezielt darauf hinzugearbeitet, dass eine Festlegung der Studienarbeit auf das Echolink-System zwar sehr deutlich angestrebt war, und dies auch das eigentliche Haupteinsatzgebiet sein sollte, jedoch im Endzustand nicht bindend ist. Dem an Teileinheiten interessierten Funkamateur soll die Option offen stehen Elemente heraus picken zu können und diese auch in anderen Anwendungsbereichen einzusetzen. Durch die strickte Trennung der einzelnen logischen Baugruppen auf die jeweiligen Platinen wird dadurch geradezu eingeladen und vereinfacht die gesamte Angelegenheit erheblich.

Anpassungsfähigkeit:

Die Möglichkeit einzelne Elemente oder auch das gesamte System in einem anderen Arbeitsumfeld, als dem von uns verfolgten, anzuwenden wurde gerade erläutert. Um dies noch stärker zu begünstigen, wurden Möglichkeiten geschaffen um die Baugruppen an entsprechende vorherrschende Bedingungen, wie Funkgerät, Spannungsversorgung oder auch PC anpassen zu können. Eine strickte Bindung an das in unserem komplett Aufbau eingesetzte Systemumfeld ist also nicht gegeben. Ohne erheblichen zusätzlichen Mehraufwand, in finanzieller als auch in technischer Hinsicht, kann so die Studienarbeit an ein bestehendes anderes Equipment angepasst werden.

2.1 CAD Entwurf

Der CAD-Entwurf der Schaltpläne als auch der Platinenlayouts sämtlicher Schaltungen wurde mittels der von CadSoft[4] vertriebenen Software EAGLE[5] getätigt. Zur Verwendung kam die Light Edition Version 4.11 für Windows Betriebssysteme, die als Freeware[6] über die Homepage des Herstellers erhältlich ist. Für den nichtkommerziellen Gebrauch, bzw. für Ausbildungszwecke und Evaluierungen ist die Software mit Einschränkungen einsetzbar. Dadurch war das Platinenlayout auf eine maximal nutzbare Fläche von 100 x 80 mm (4 x 3,2 Zoll), was der Größe einer halben Europlatine entspricht, sowie der lediglichen Verwendung des Top- und Bottom-Layers beschränkt. Des Weiteren kann im Schaltplan-Editor nur eine Seite erzeugt werden. Trotz dieser Einschränkungen war es möglich die einzelnen Platinen zu entwerfen. Die Grundforderung des modularen Aufbaus begünstigte zusätzlich den Entwurf in der Freeware Version, womit gleichzeitig auch die Voraussetzungen gegeben sind, dass der Amateurfunk oder anderweitig interessierte Personenkreise an den Schaltungen und Platinen Anpassungen einbringen können.

[4] CadSoft: http://www.cadsoft.de
[5] EAGLE: Easily Applicable Graphical Layout Editor
[6] Infos zu EAGLE Freeware: http://www.cadsoft/freeware.htm

2.2 Kopplereinheit

Die Realisierung einer Anbindung des Funkgerätes an den PC stellt eine wesentliche Komponente der Studienarbeit dar. Als unmittelbares Bindeglied zwischen den Schnittstellen des Computers und den Anschlüssen des Funkgerätes galt gerade im Anfangsstadium unserer Arbeit das Augenmerk auf dem nun entstandenen Echolink Koppler. Er trennt sowohl die Audiosignale, als auch die Schaltsignale, beider Geräte galvanisch voneinander mittels Optokoppler.

Begründen lässt sich der generelle Bedarf einer vollständigen galvanischen Trennung, zwischen dem Computer auf der einen Seite und dem Funkgerät auf der anderen, nicht nur mit der Reduktion von Schäden eines der beiden Geräte durch mögliche ungewollte Spannungsspitzen. Sondern gerade auch hoch- und tieffrequente Einstreuungen unseres Echolinkcomputers auf die Audiosignale in Richtung des Funkgerätes, aber auch mögliche Störfrequenzen, die von der Funkgeräteseite eine einwandfreie Funktionalität unseres Computers beeinträchtigen könnten, sollten reduziert werden.

Eine Realisierung dieser Kopplung wäre zwar mittels einer kleinen Übertragerschaltung einfacher herzustellen gewesen, und wäre auch als fertiges Bauteil in jeglicher Ausführung im Fachhandel erhältlich, jedoch war der experimentelle Reiz an der optischen Trennung wesentlich höher und gab letzten Endes auch den ausschlaggebenden Punkt.

2.2.1 Entwicklung, Verbesserungen, Anpassungen

Nachdem die ersten Erfahrungen in der Funktionsweise und Handhabung von Echolink gesammelt waren, war die Entwicklung des Echolink Kopplers der erste Schritt, um überhaupt ein Testsystem in Betrieb nehmen zu können.

Die Recherchen nach einer geeigneten Schaltung erwiesen sich nicht so einfach als zu Beginn erwartet. Wie bereits erwähnt, wird hier oft auf die einfacher zu realisierende Trennung mittels Übertragern zurückgegriffen. Jedoch wurden wir mit der Trennverstärkerschaltung von Lothar Brunner (DL4HCL) vom OV Pinneberg (E15) fündig. Die vorgefundene Schaltung lieferte bereits die angestrebte optische Trennung in Sende- und Empfangsrichtung, sowie Trennung des Schaltsignals vom PC kommend, um das Funkgerät in den Sendebetrieb schalten zu können.

Funktionsweise der Schaltung:

Um die komplette galvanische Trennung der beiden Anschlussseiten zu erzielen, erfolgt eine strikte Trennung der Schaltung in zwei Hälften. Auf der linken Seite die signalaufbereitenden und -empfangenden Schaltungsteile für die Audio- und Schaltsignale des PC und auf der rechten ihre entsprechenden Pendants zum und vom Funkgerät. Bei genauer Betrachtung des Schaltplans - Abbildung (2.2.1 a) - erkennt man die Trennung durch die entsprechenden inneren Optokoppler OK1, OK3 und OK4. Somit sind auch zwei Spannungsversorgungen notwendig. Die Speisung der PC seitigen Schaltung kann direkt aus dem PC erfolgen. Auf der Schaltungsseite des Funkgerätes können direkt die normalerweise vorhandenen 12 V des Funkgerätes eingespeist werden. Der Spannungswandler IC3 erzeugt die notwendigen 5 V, um die Schaltung zu betreiben.

Im Empfangszweig wird das vom Funkgerät kommende Audiosignal dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC1A zugeführt. Über den symmetrischen Spannungsteiler von R10 und R11 erfolgt die Erzeugung der notwendigen Mittenspannung. Diese wird ebenfalls für den Verstärker IC1B im Sendezweig verwendet und wird C3 geglättet. Der Ausgang von IC1A steuert die beiden hintereinander geschalteten Optokoppler OK1 und OK2. Der erste Optokoppler realisiert die galvanische Trennung zur anderen Schaltungshälfte. Über den Zweiten wird das Signal auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers zurückgeführt, wodurch eine Linearisierung des Signals erreicht wird. Um eine Übersteuerung des Verstärkers zu verhindern, darf am Eingang eine maximale Spannung von U_{ss}=2,5V bzw. U_{eff}=0,88V angelegt werden.
Das in der zweiten Hälfte empfangene Signal wird von Operationsverstärker IC2A verstärkt auf den Schaltungsausgang gegeben. Es kann hier direkt der Line In bzw. Mikrofoneingang der Soundkarte des PC angeschlossen werden. Zur Anpassung des Ausgangspegels des Signals kann bei unempfindlichen Soundkarten Jumper 1 gesetzt werden, wodurch der parallel geschaltete Widerstand überbrückt wird.

Der Sendezweig funktioniert identisch wie die Schaltung in Empfangsrichtung. Die Einspeisung des zu sendenden Signals erfolgt über den Line Out Port der Soundkarte auf den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC2B. Auch diesem wird über einen symmetrischen Spannungsteiler (R20, R21) die Mittenspannung für den nicht invertierenden Eingang erzeugt. Es wird auch hier die gleiche Spannung für den Operationsverstärker im Ausgang des

Empfangszweiges verwendet und hierzu über C4 geglättet. Der Ausgang von IC2B steuert ebenfalls zwei Optokoppler - OK3 und OK4. Der Erste überträgt das Signal in die Schaltungshälfte zum Funkgerät, der Zweite führt zur Linearisierung das Signal wieder an den invertierenden Eingang des IC2B zurück. Auch hier darf das Eingangssignal am Operationsverstärker IC2B nicht übersteuert werden und die Werte U_{ss}=2,5V bzw. U_{eff}=0,88V nicht übersteigen.
Das somit galvanisch getrennt Sendesignal wird mittels IC1B verstärkt zum Eingang des Funkgerätes gegeben. Die Anpassung des Ausgangssignals der Schaltung kann über setzen von Jumper JP2 an unempfindliche Tranceivereingänge angepasst werden, indem der Widerstand R29 überbrückt wird.

Damit der PC das Funkgerät auf Senden schalten kann, dient der unterste Schaltungsteil im Schaltplan. Das Schaltsignal, vom PC kommend, muss mindestens 1V betragen, damit der Transistor T2 den Optokoppler OK5 schalten kann. Um diesen Pegel zu erhalten, kann direkt ein Schaltausgang der COM-Schnittstelle am PC, also einer RS-232 Schnittstelle, verwendet werden. Eine versehentlich angelegte negative Spannung kann durch die dann sperrende Diode D1 keinen Schaden verursachen. Das mittels OK5 zum Funkgerät getrennte Signal schaltet den Transistor T1 und legt somit die vom Funkgerät kommende Steuerleitung, beispielsweise die PTT[7]-Taste, auf Masse. Der maximale Schaltstrom beträgt 0,5 A.

[7] PTT: Push-To-Talk; Taste am Funkgerät, bzw. am Mikrofon des Funkgerätes um auf Sendebetrieb zu schalten

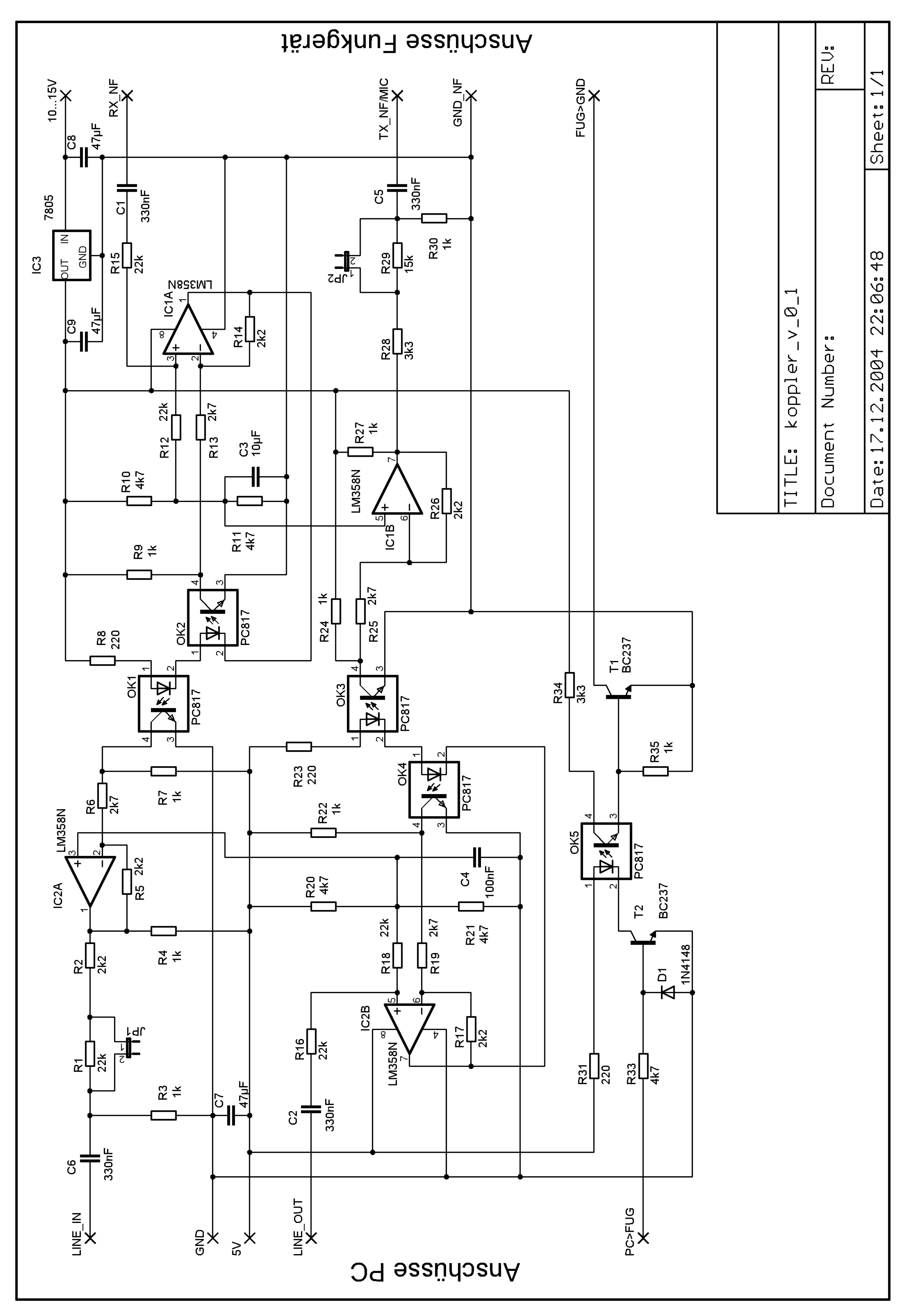


Abbildung (2.2.1 a): Schaltplan Echolink Koppler Version 0.1

2.2.2 Echolink Koppler Version 0.1

Um die Schaltung in ihrer Funktion und im Komplex mit PC und Echolink Software auf der einen Seite und dem Funkgerät auf der Anderen, zu testen, wurde kurzerhand ein Experimentieraufbau mittels einer Lochstreifenplatine im Europlatinenformat getätigt. Die Platine wurde nach Fertigstellung und Funktionstest über mehrere Wochen hinweg unter Realbedingungen in der Amateurfunkstation der Fachhochschule betrieben. Es konnten so gerade bezüglich des Zusammenspiels zwischen PC und Funkgerät erste Erfahrungswerte zu den notwendigen Einstellungen der beiden Geräte und der Echolink Software gesammelt werden.

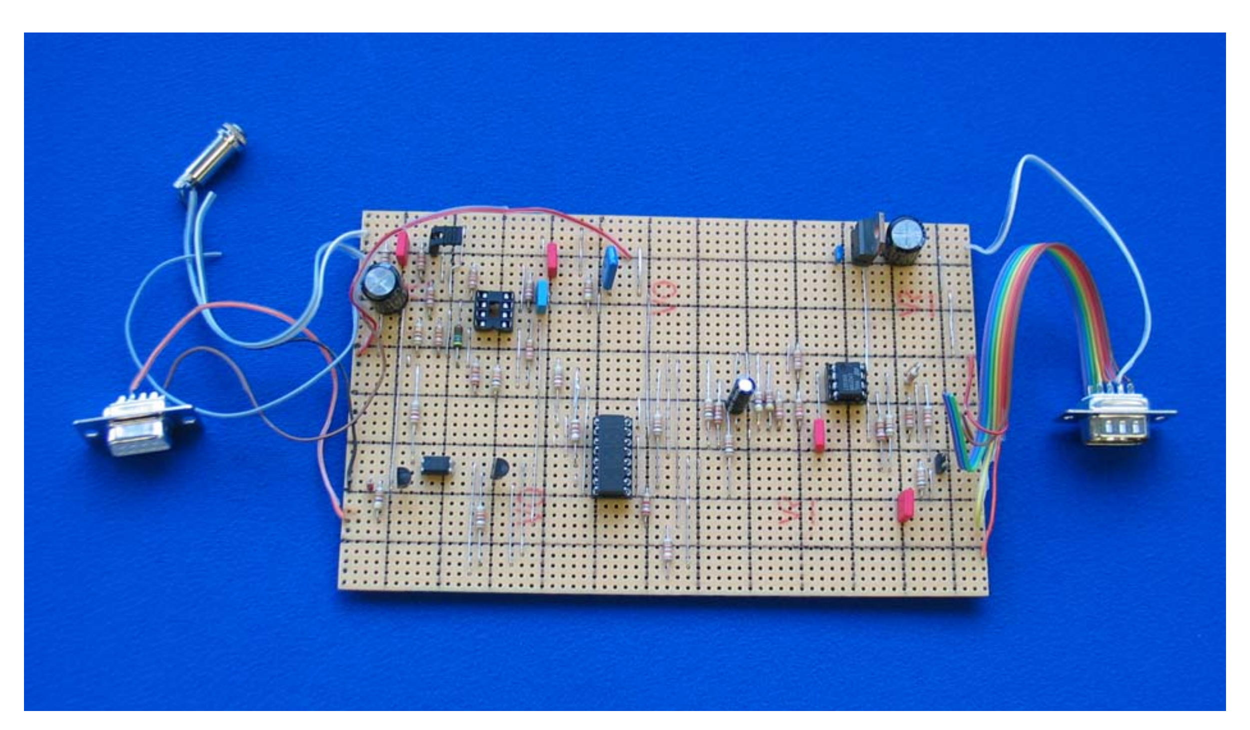


Abbildung (2.2.2 a): Echolink Koppler Version 0.1 - Experimentieraufbau

Bedingt durch die sehr langen Drahtbrücken auf der Platine und dem offenen Testaufbau, war die Schaltung sehr sensibel gegenüber hochfrequenten Einstreuungen und elektromagnetische Felder, unter anderem hervorgerufen durch die vielen Geräte, die in der Amateurfunkstation noch im Betrieb waren. Nichts desto trotz brachte der so getätigte erste Probelauf unserer Echolink Station sehr akzeptable Resultate, was uns sämtliche in Testverbindungen erreichten Gesprächspartner bestätigte konnten. Einem Aufbau der Schaltung auf einer vernünftigen Platine stand als nichts mehr im Wege.

2.2.3 Echolink Koppler Version 1.0

In der Koppler Version 1.0 wurde konsequent das Ziel verfolgt, dass der Nachbau auf recht einfache Weise erfolgen kann. Folglich wurde ein einseitiges Platinenlayout erstellt, das mit konventionellen Bauteilen bestückt wird.

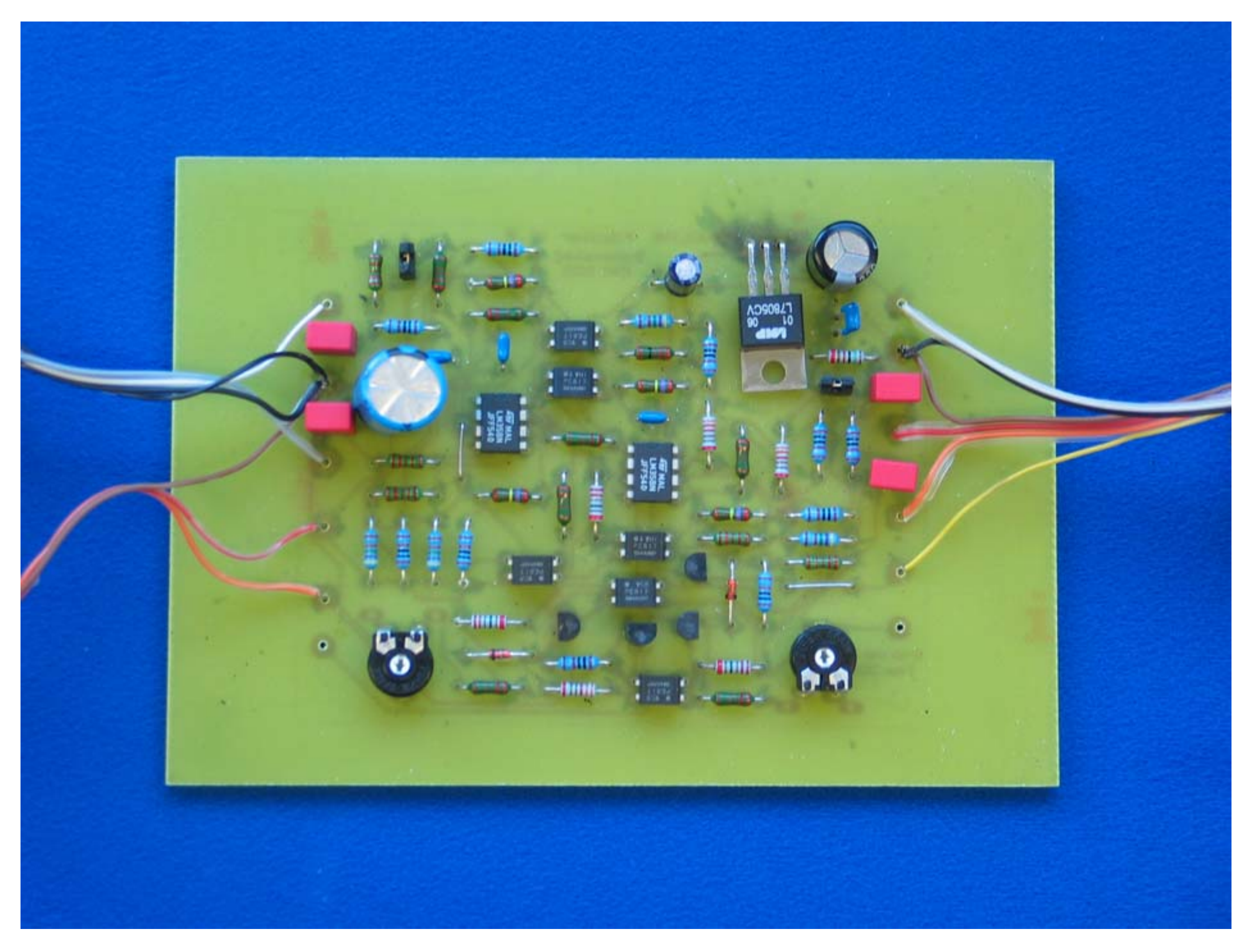


Abbildung (2.2.3 a): Echolink Koppler Version 1.0

Änderungen zur Vorgängerversion:

Die Grundschaltung (Koppler Version 0.1) wurde um eine weitere galvanisch trennende Schaltstufe ergänzt, die aber nun vom Funkgerät kommend dem PC ein Schaltsignal übermitteln kann - siehe Abbildung (2.2.3 b). Die Funktionsweise ist identisch mit der bereits bekannten Schaltstufe zum Funkgerät hin. Sie ermöglicht, durch ein positives Spannungssignal des Funkgerätes, einen Eingang der RS-232 Schnittstelle des PC auf Masse zu legen. Der maximale Schaltstrom des Transistors beträgt auch hier 0,5 A. Damit mögliche negative Schaltsignale des Funkgerätes keinen ungewollten Defekt hervorrufen können, wurde auch hier eine Schutzdiode D2 hinzugefügt.

Des weiteren wurde in beiden Schaltstufen der Basisvorwiderstand durch einen festen Widerstand (R33, R39) mit 2,2 kΩ und einen verstellbaren Potentiometer (R32, R40) mit 2,5 kΩ ersetzt. Somit kann die Schaltung bei Bedarf variabel an geringere Schaltspannungen angepasst werden. Im Bedarfsfall bis auf 0,7 V herunter.

An die Spannungsversorgungen der Operationsverstärker wurden die Kondensatoren C10 und C11 mit jeweils 100 nF parallel angeschlossen, um hochfrequente Störungen zu minimieren. Ihre Positionierung auf der Platine erfolgte in unmittelbarer Nähe der Verstärkerbausteine.

Die hinzugekommenen Drahtbrücken 1 und 2 waren notwendig um den Platinenentwurf auf einer einseitig geätzten Platine realisieren zu können, ebenso die Auftrennung der Optokoppler in einzelne Gehäuse.

Beim Einkauf von Kondensatoren zeigt es sich immer wieder, dass die am Markt erhältlichen Typen oft in ihren Außenmaßen, meist aber gerade bezüglich ihres Rasterabstandes zwischen den Anschlussdrähten, sehr variieren können. Um in der Wahl der Kondensatoren etwas flexibler zu sein, wurden fast alle Einlötstellen mit entsprechendem Abstand zu den anderen Bauteilen positioniert. Zusätzlich wurden die Einlötstellen so angelegt, dass jeweils ein weiteres Lötpad zur Verfügung steht. Somit kann zwischen zwei Bauteilrasterweiten gewählt werden und ein „Herumbiegen" an den Kondensatoranschlüssen sollte nun komplett entfallen.
In gleicher Weise wie bei den Kondensatoren wurde auch bei den Potentiometern vorgegangen. Im vorliegenden Platinenlayout – Abbildung (2.2.3 c und d) – können zwei unterschiedliche Bauteildimensionen eingelötet werden.

Zur Montage der Platine sind in den Ecken entsprechenden Flächen zur Fixierung mittels Schrauben vorgesehen. Die externen Anschlusspads wurden räumlich voneinander getrennt. Auf der linken Seite befinden sich die PC-Anschlüsse. Auf der rechten Seite wurden die Anschlüsse zum Funkgerät positioniert.

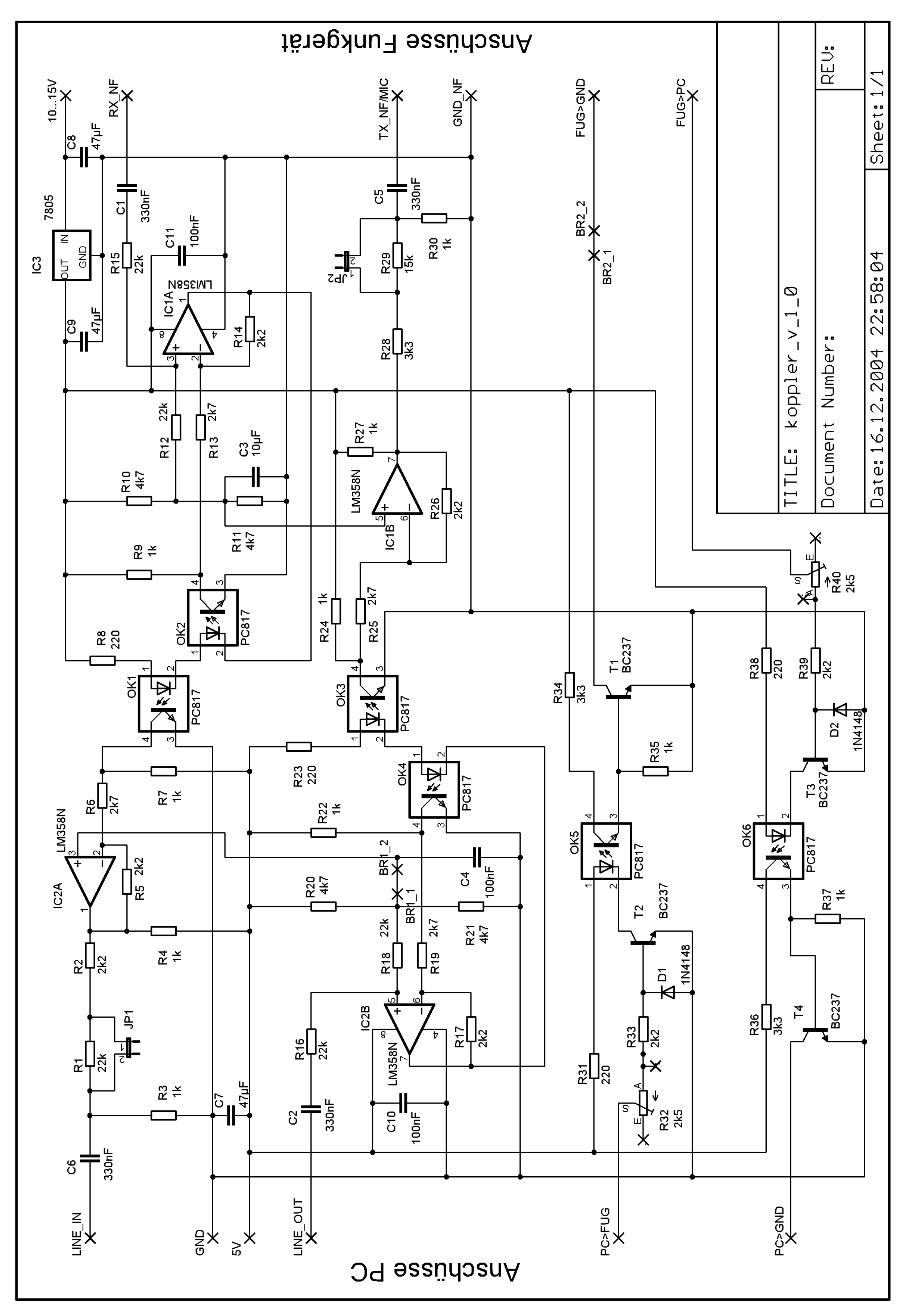


Abbildung (2.2.3. b): Schaltplan Echolink Koppler Version 1.0

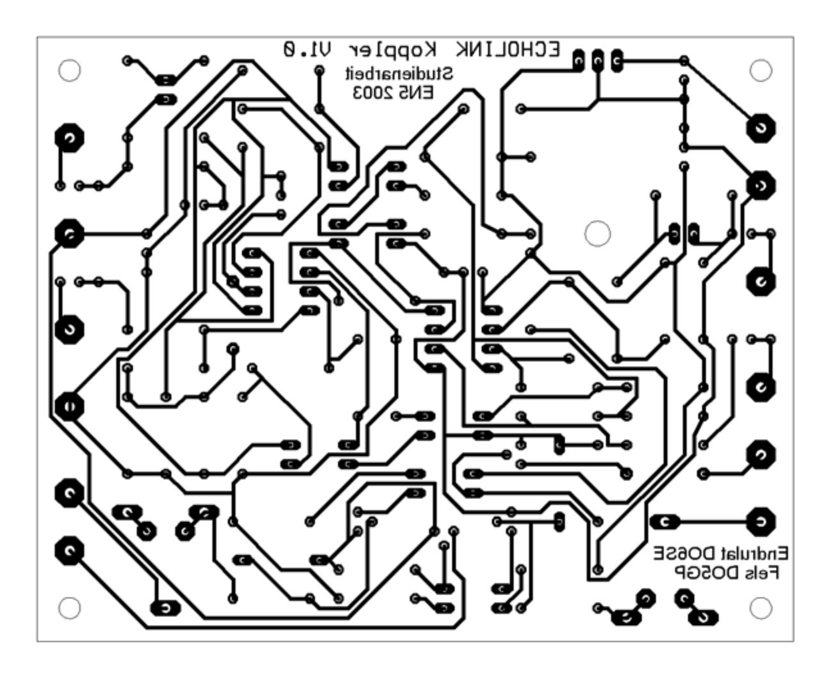


Abbildung (2.2.3. c): Platinenlayout – hier Ätzplan – Echolink Koppler Version 1.0, Abbildung entspricht den realen Dimensionen

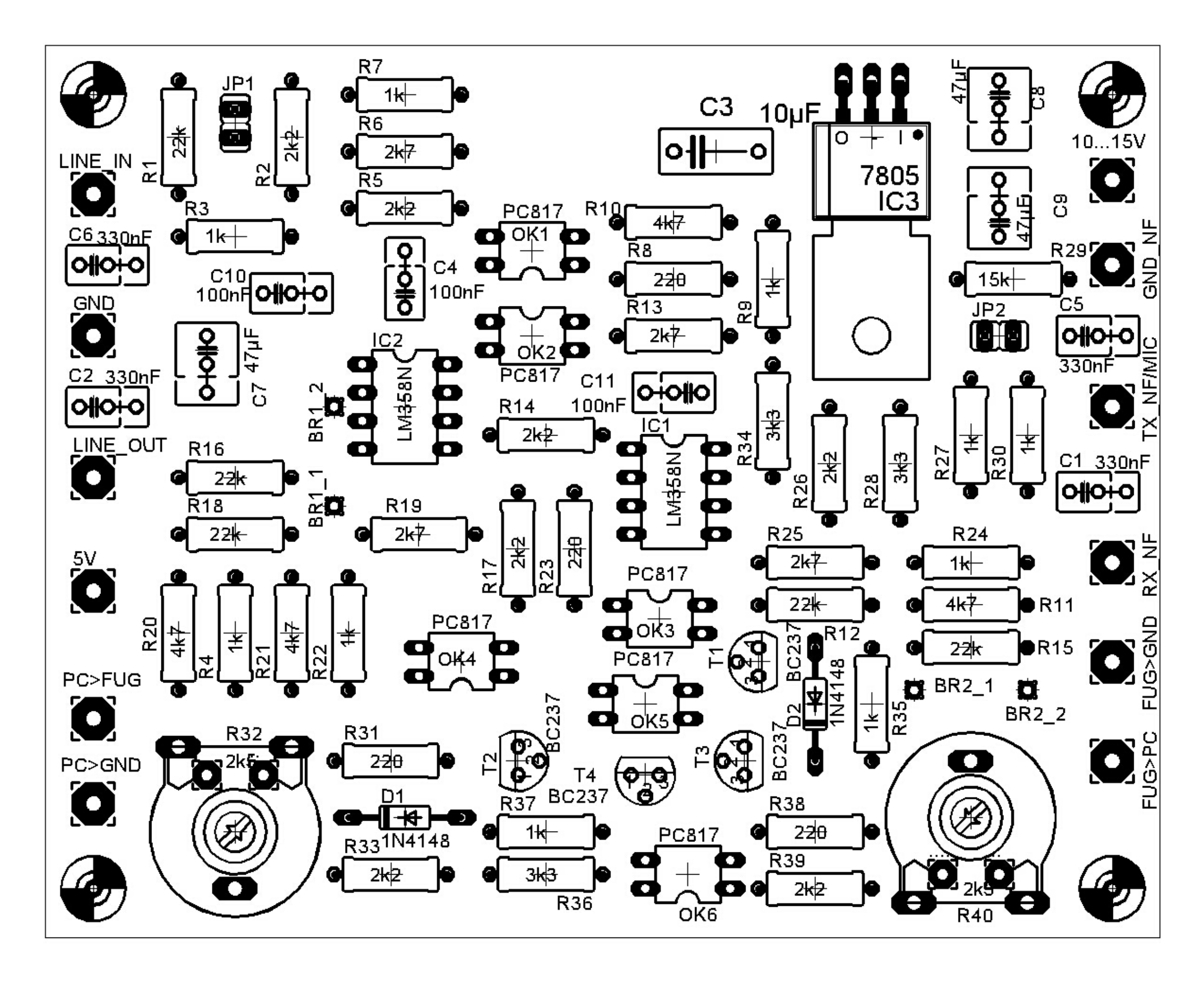


Abbildung (2.2.3. d): Platinenlayout - hier Bestückungsplan - Echolink Koppler Version 1.0, um die Lesbarkeit und damit den Nachbau zu vereinfachen, wurde die Abbildung wesentlich vergrößert.

Bauteilliste:

Anzahl	Bauteiltyp:	Bezeichnung	Wertigkeit:	Sonstiges:
4	Widerstand	R8, R23, R31, R38	220 Ω	
10	Widerstand	R3, R4, R7, R9, R22, R24, R27, R30, R35, R37	1 kΩ	
7	Widerstand	R2, R5, R14, R17, R26, R33, R39	2,2 kΩ	
4	Widerstand	R6, R13, R19, R25	2,7 kΩ	
3	Widerstand	R28, R34, R36	3,3 kΩ	
4	Widerstand	R10, R11, R20, R21	4,7 kΩ	
1	Widerstand	R29	15 kΩ	
5	Widerstand	R1, R12, R15, R16, R18	22 kΩ	
2	Potentiometer	R32, R40	2,5 kΩ	liegend
3	Kondensator	C4, C10, C11	100 nF	
4	Kondensator	C1, C2, C5, C6	330 nF	
1	Kondensator	C3	10 µF	
3	Kondensator	C7, C8, C9	47 µF	
2	Diode	D1, D2	1N4148	
2	Operationsverst.	IC1, IC2	LM358N	DIL08
1	Festspg.regler	IC3	7805	
6	Optokoppler	OK1, OK2, OK3, OK4, OK5, OK6	PC817	DIL04
4	Transistor	T1, T2, T3, T4	BC237	TO92
1	Jumper	JP1, JP2	2	
2	Drahtbrücke	BR1, BR2	ca. 5 cm	Silberdraht

Aufbauanleitung :

Die Bohrungen für die Drahtbrücken, Widerstände, Kondensatoren und Transistoren können mit einem 0,8 mm Bohrer ausgeführt werden. Für die Operationsverstärker, Optokoppler und Jumper empfiehlt sich eine 1 mm Bohrung. Lediglich für die Dioden, Potentiometer und den Festspannungsregler sollte ein 1,2 mm Bohrer verwendet werden. Die Bohrungen für die Montagelöcher der Platine können entsprechend den eigenen Bedürfnissen angepasst werden.

Als Erstes sollten die beiden Drahtbrücken eingelötet werden. Nachfolgend sämtliche Widerstände und die Dioden, gefolgt von den beiden Operationsverstärkern und den Optokopplern. Nach dem liegend montierten Festspannungsregler und den Potentiometern können die Kondensatoren, beginnend bei den kleinen Baugrößen, eingebaut werden. Den Abschluss bilden die Transistoren und die beiden Jumper.

Die beiden Potentiometer sollten vor Inbetriebnahme zum maximalen Eingangswert hin geändert werden.

Integration im Gesamtaufbau:

Die Platine wurde in einem flachen Aluminiumgehäuse untergebracht, das zur Aufnahme von Platinen im Euroformat Einschubleisten aufwies. Die Spannungsversorgung und die Schaltsignale für den PC wurden über eine RS-232 Buchse an den COM-Anschluss des PC geführt.

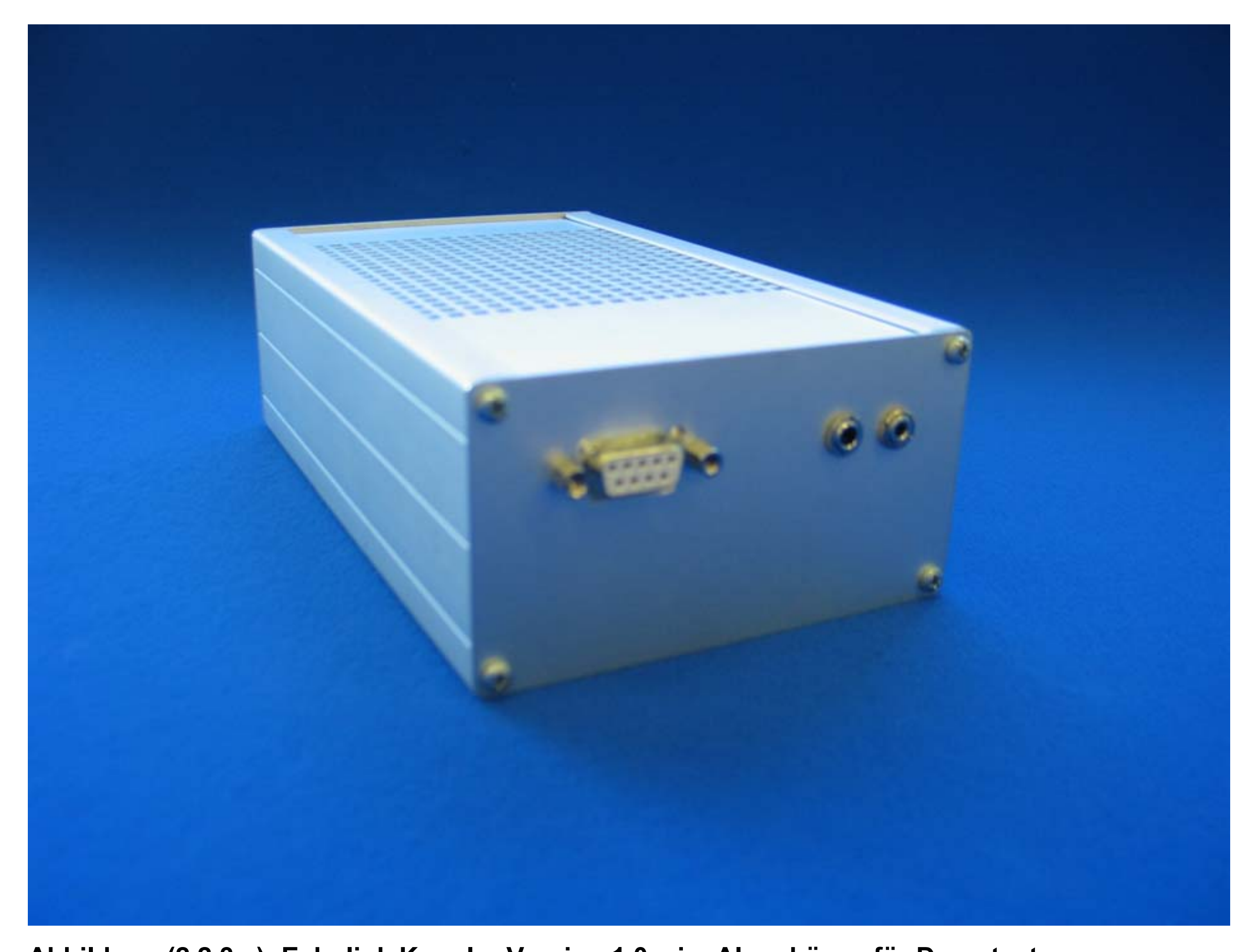


Abbildung (2.2.3 e): Echolink Koppler Version 1.0 – im Alugehäuse für Dauertest

Das Line In bzw. Mikrofonsignal zum PC wurde über eine separate 3,5 mm Klinkensteckerbuchse mit der entsprechenden Leitung realisiert. Für die Speisung des Echolink Kopplers mit dem zu sendenden Audiosignals vom PC wurde vom 3,5 mm Klinkensteckerausgang des Line Out Ausgangs der Soundkarte eine weitere separate Leitung auf eine 2,5 mm Klinkensteckerbuchse am Kopplergehäuse hergestellt. Die Verwendung der beiden unterschiedlichen Klinkensteckergrößen am

Echolink Koppler unterbindet das versehentliche Vertauschen der Audioanschlüsse am Koppler durch identische Steckerdimensionen.

Die Verbindung des Kopplers zum Funkgerät wurde ebenfalls über eine RS-232 Schnittstelle realisiert. Im Gegensatz zur Steckerausführung zum PC, wurde eine RS-232 Buchse eingebaut, um ein Vertauschen der beiden Schnittstellen von vorn herein zu vermeiden.

2.2.4 Echolink Koppler Version 2.0

Auf den Erfahrungen der Koppler Version 1.0 aufbauend, mussten noch einige Anpassungen der Schaltung an unsere Bedürfnisse getätigt werden.

Während des Betriebes der Schaltung zeigte sich, dass es in unserem Testaufbau, bestehend aus einem alten PC des Rechenzentrums, dem Echolink Koppler und dem vorhandenen Icom Transceiver immer wieder zu einem „hängen bleiben“ des Computersystems kam. In unregelmäßigen Abständen zeigte sich immer wieder das gleiche Verhalten – der PC blieb unvermittelt während eines laufenden QSO stehen und reagierte weder auf Eingaben über die Maus, noch über die Tastatur. Das Zugreifen auf den PC über das Internet konnte ebenfalls nicht mehr getätigt werden. Lediglich ein Reset des Computers löste die Problematik. Das Schlimme daran wäre vermutlich nicht das notwendige Neustarten des Rechners gewesen, sondern die Tatsache, dass jedes Mal wenn das Problem auftrat der PC das Funkgerät in den aussendenden Zustand schaltete, und somit permanent die unmodulierte Trägerfrequenz von unserer Station ausgesendet wurde.
Der Versuch diesen kritischen Zustand gewollt zu reproduzieren, um die Ursache beheben zu können, war nicht möglich. Es wurde kurzerhand ein anderer PC beschafft und anstelle des bisherigen Computers eingesetzt. Das System lief nun sehr stabil, jedoch lieferte das Netzteil des Computers sehr starke Störungen. Gerade das in der Aussendung des Funkgerätes wahrzunehmende 50 Hz Brummen war gegenüber dem vorherigen Computernetzteil wesentlich deutlicher zu hören. Um diesem Missstand zu begegnen - kein Gehör reagiert empfindlicher auf ein mitmoduliertes 50 Hz Netzteilbrummen wie das eines Funkamateurs - wurde das Netzteil des alten Computers in den aktuellen Echolink PC eingebaut und entsprechende Vorkehrungen getroffen um dieses Brummen noch weiter zu unterdrücken. Unter den Änderungen zur Vorgängerversion ist dies beschrieben.

Des weiteren kam hinzu, dass in der frei erhältlichen Eagle Version die Platinengröße beschränkt ist, eine Realisierung mit nur einer Ätzseite war somit nicht mehr machbar. Es wurde das Layout zu einer zweiseitigen Platine erstellt. Dies war auch der Grund von der Versionsstufe 1.x auf die nächst Höhere zu springen - Version 2.0. Man könnte es auch so deuten, dass die 1.x Versionen auf das einseitige Layout und die 2.x Versionen auf das zweiseitige Platinenlayout schließen lassen.

Änderungen zur Vorgängerversion:

Schaltungstechnisch wurden einige Änderungen zur Koppler Version 1.0 getätigt. Die gravierendste ist der nun auch in der Schaltungsseite des PC hinzugekommene Festspannungsregler. Durch den zusätzlichen Spannungsregler können nun wahlweise die bisher verwendeten 5 V Versorgungsspannung zum Betreiben der Schaltungshälfte verwendet oder auch 12 V eingespeist werden. Um die Schaltung der entsprechenden Versorgungsspannung anpassen zu können, kann Jumper JP3 in zwei Stellungen gesetzt werden. Befindet er sich in Position 1-2 erfolgt die bisher schon bekannte direkte 5 V Versorgung. Wird JP2 hingegen auf 2-3 gesetzt, so erfolgt die Spannungseinspeisung über den Spannungsregler. Ein gleizeitiges Anliegen der 5 V und der 12 V hat keinen Einfluss auf die Funktion der Schaltung, entscheidend welche Spannung in die Schaltung eingespeist wird definiert die Jumperstellung.
Zusätzlich wurden zur Glättung von hoch- und tieffrequenten Störungen auf den 12 V Speisespannungen der Festspannungsregler Kondensatoren gegen Masse geschaltet. Im Eingangsbereich reduzieren die 220 nF Kapazitäten hochfrequente Schwingungen und die 220 µF Kondensatoren glätten speziell die 50 Hz Brummspannungen der Netzteile. Am Ausgang der Spannungsregler unterdrücken die 100 nF die hochfrequenten und die 1 µF Kondensatoren die niederfrequenten Schwingungen. Sofern keine einwandfreien 5 V zur Versorgung der Schaltungshälfte des PC zur Verfügung stehen, sollte auf jeden Fall auf die 12 V Speisung zurückgegriffen werden.
Die zwischen Ein- und Ausgang der Festspannungsregler eingeführte, im Normalbetrieb in Sperrrichtung betriebene Diode verhindert einen Defekt der Regler infolge einer am Ausgang höheren Spannung als am Eingang. Sollte dieser Fall eintreten, so wird die Spannung über die Diode abgeleitet.

Die beiden Widerstände R1 und R29, die sich in den Ausgängen der Schaltungen befanden um die Pegel zur Ansteuerung der

Mikrofoneingänge von PC und Funkgerät anzupassen, wurden vollständig entfernt. Im Testaufbau wurden die beiden brückenden Jumper permanent gesetzt, womit die Widerstände keine Funktion mehr hatten. Zugunsten weniger Bauteile auf der Platine wurden die beiden Widerstände eingespart. Die Jumper jedoch wurden beibehalten. Durch sie besteht die Option wieder einen Widerstand anzubinden, bzw. bei anderweitiger Verwendung der gesamten Schaltung ein entsprechendes Potentiometer aus dem Gehäuse herauszuführen, um den Koppler an die unterschiedlichsten angeschlossenen Geräte anpassen zu können.

Durch das Hinzukommen des zweiten Festspannungsreglers musste noch weiter an Platz auf der Platine eingespart werden. So wurden die beiden Potentiometer R32 und R40 in den Schaltstufen entfernt und die Widerstände R33 und R 39 wieder auf ihre ursprünglichen Werte gesetzt. Ebenso konnten die beiden Drahtbrücken 1 und 2 infolge des zweiseitigen Platinenlayouts entfernt werden.

Die Verwendung der zweiseitigen Platine erlaubte eine strukturierte Platzierung der Bauteile im Layout. Gerade die Widerstände konnten nun in Blöcken angeordnet werden. Ebenfalls bestand nun die Möglichkeit die Glättungskondensatoren sehr dicht an die Anschlussbeine der Bauteile heranzuführen, was gerade bei den Operationsverstärkern angestrebt war.

Im Vergleich zum Platinenlayout des Kopplers Version 1.0 erfolgte prinzipiell eine um 90° gedreht Ausrichtung des gesamten Layouts. Die Anschlüsse für PC und Funkgerät wurden nun an der langen Platinenkante ausgerichtet. Diese Ausrichtung, in Kombination mit den freigelassenen Platinenrändern an den kurzen Seiten, erlaubt den Einschub der Schaltung in ein konventionelles Europlatinengehäuse.

Wie bereits in Version 1.0 wurden auch hier wieder die Einlötstellen der Kondensatoren in der bewährten Version mit variablen Rasterbreiten ausgeführt. Für eine minimale Platinenhöhe wurden die Spannungsregler wieder in liegender Position vorgesehen. Bis auf ein Via[8] konnten sämtliche Druchkontaktierungen zwischen der oberen und unteren Leiterbahn an den Bauteilen realisiert werden.

[8] Via: Durchkontaktierung der oberen mit der unteren Leiterbahn; meist mittels eines einfachen Silberdrahtes realisiert.

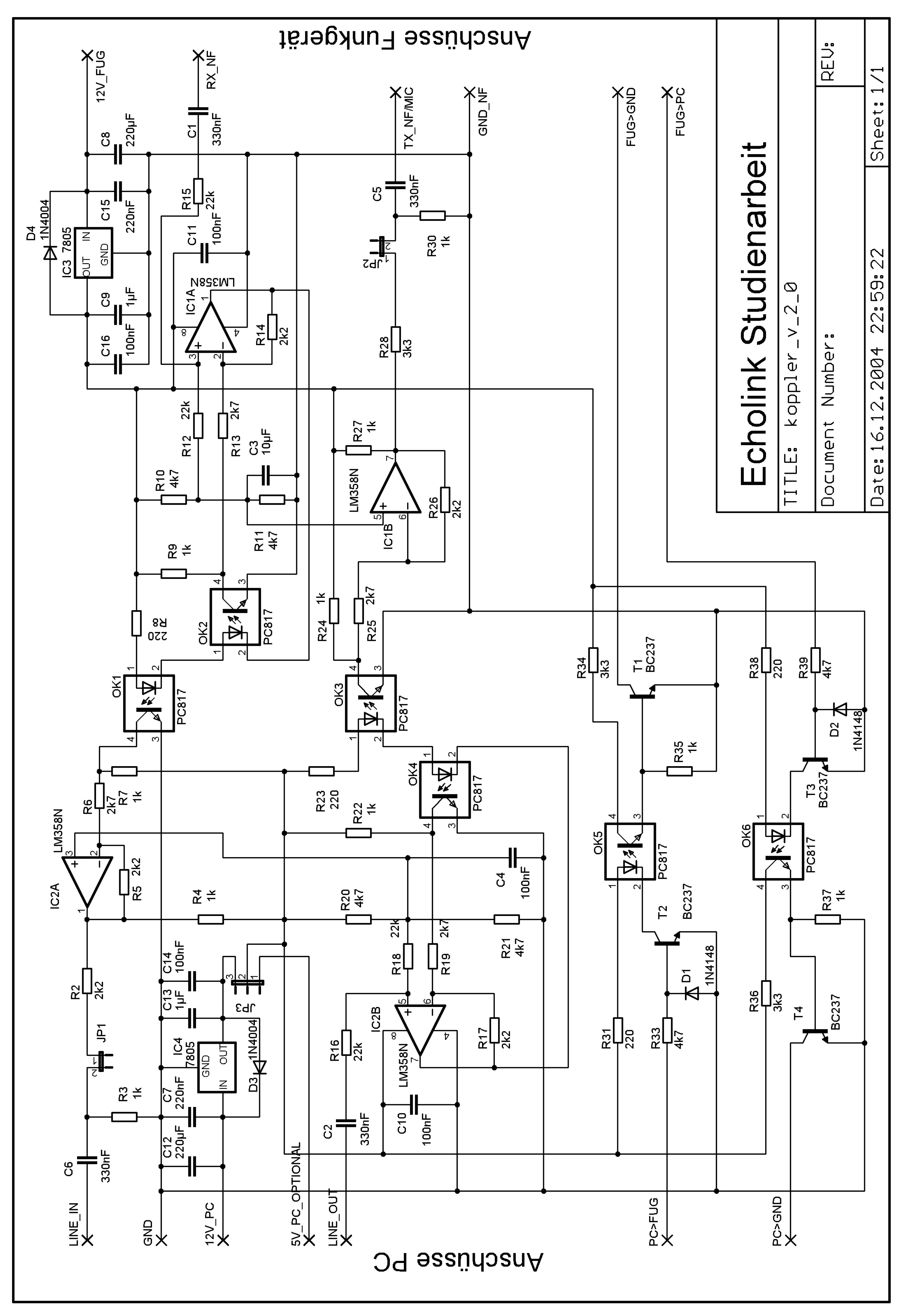


Abbildung (2.2.4. a): Schaltplan Echolink Koppler Version 2.0

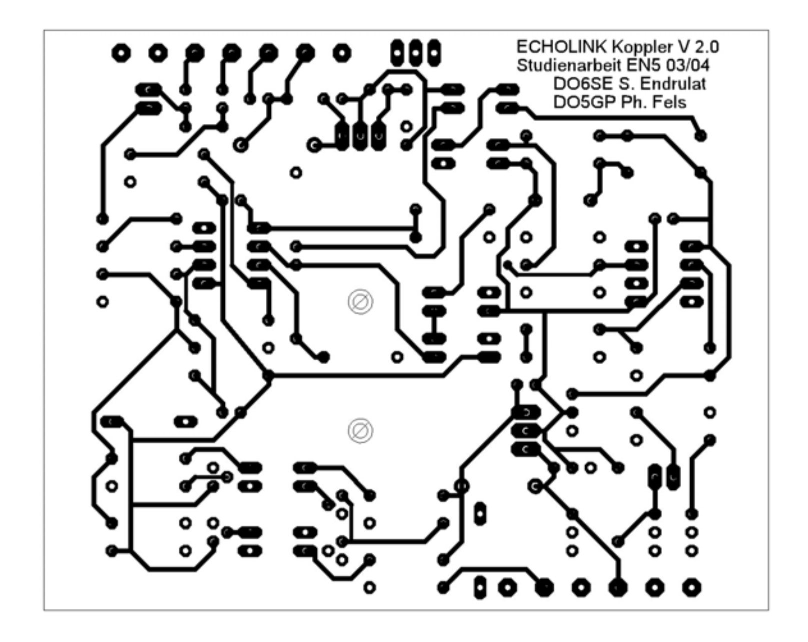


Abbildung (2.2.4. b): Platinenlayout - hier Ätzplan der Oberseite - Echolink Koppler Version 2.0, Abbildung entspricht den realen Dimensionen. Bei einem Ausdruck des Layouts direkt über Eagle befinden sich im nahen Umfeld der Platine noch Markierungen, um ein exaktes Übereinanderlegen der Ober- und Unterseite der Folien während des Belichtungsvorgangs ermöglichen zu können. Aus Platzgründen wurden diese hier weggelassen.

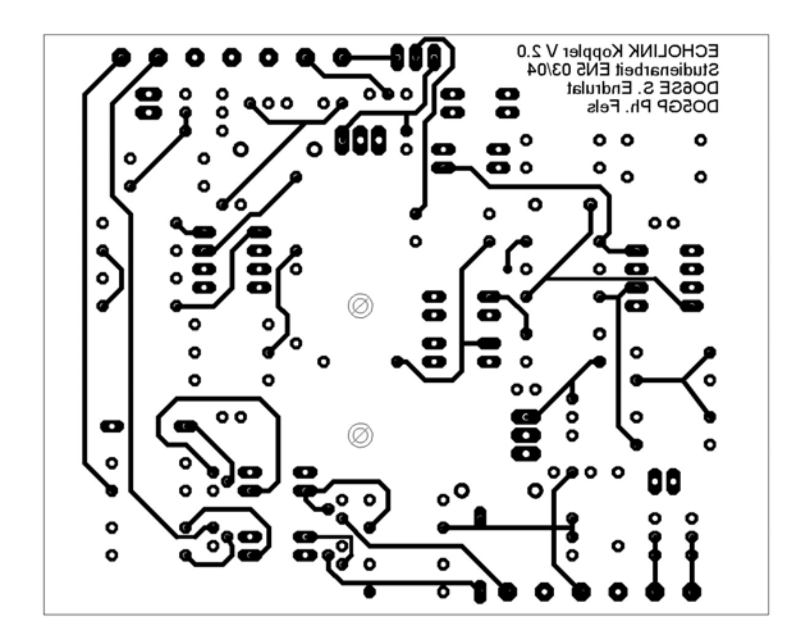


Abbildung (2.2.4 c): Platinenlayout - hier Ätzplan der Unterseite - Echolink Koppler Version 2.0, Abbildung entspricht den realen Dimensionen. Bei einem Ausdruck des Layouts direkt über Eagle befinden sich im nahen Umfeld der Platine noch Markierungen, um ein exaktes Übereinanderlegen der Ober- und Unterseite der Folien während des Belichtungsvorgangs ermöglichen zu können. Aus Platzgründen wurden diese hier weggelassen.

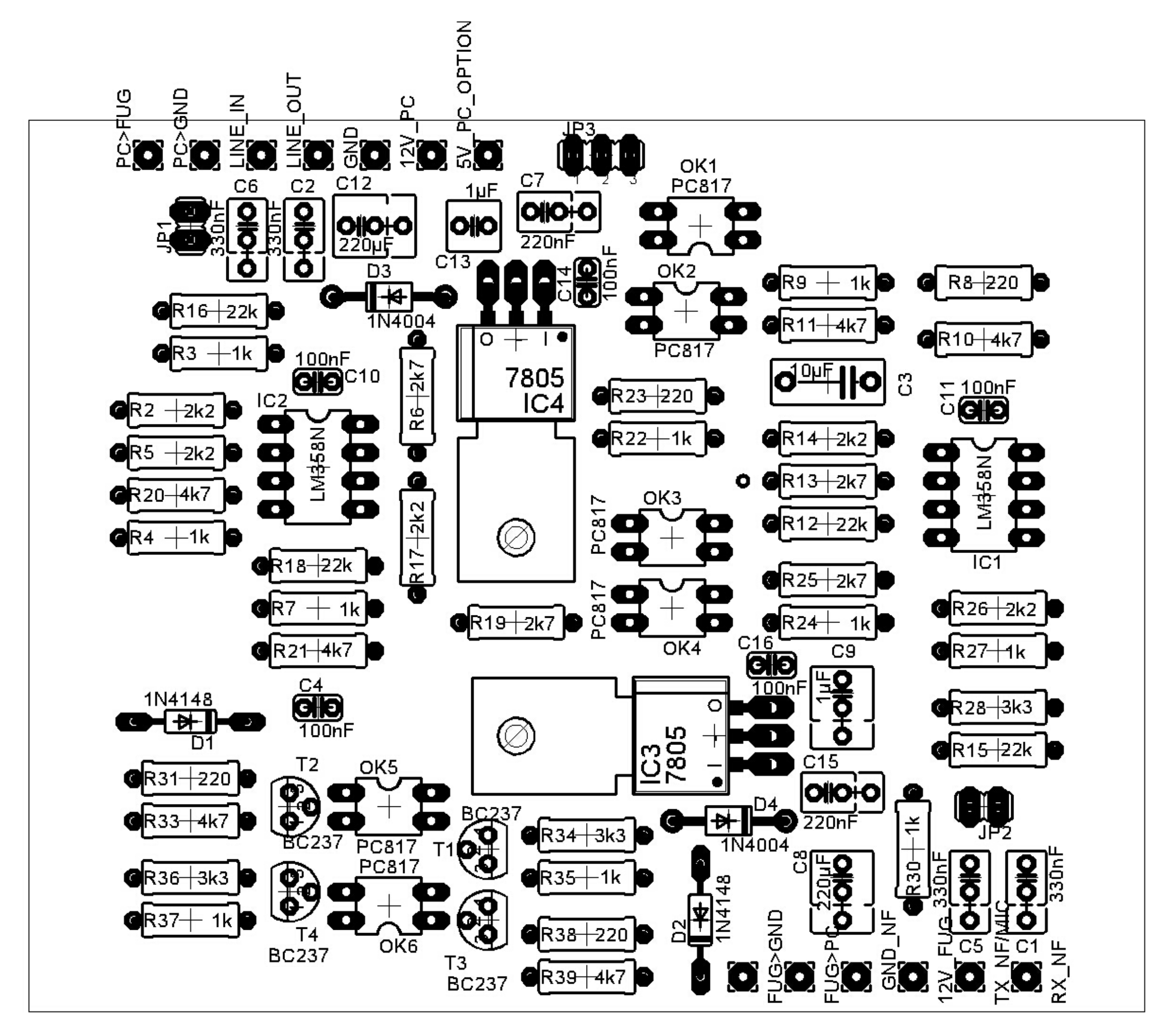


Abbildung (2.2.4 d): Platinenlayout - hier Bestückungsplan - Echolink Koppler Version 2.0, um die Lesbarkeit und damit den Nachbau zu vereinfachen, wurde die Abbildung wesentlich vergrößert.

Bauteilliste:

Anzahl	Bauteiltyp:	Bezeichnung	Wertigkeit:	Sonstiges:
4	Widerstand	R8, R23, R31, R38	220 Ω	
10	Widerstand	R3, R4, R7, R9, R22, R24, R27, R30, R35, R37	1 kΩ	
5	Widerstand	R2, R5, R14, R17, R26	2,2 kΩ	
4	Widerstand	R6, R13, R19, R25	2,7 kΩ	
3	Widerstand	R28, R34, R36	3,3 kΩ	
6	Widerstand	R10, R11, R20, R21, R33, R39	4,7 kΩ	
4	Widerstand	R12, R15, R16, R18	22 kΩ	
5	Kondensator	C4, C10, C11, C14, C16	100 nF	
2	Kondensator	C7, C15	220 nF	
4	Kondensator	C1, C2, C5, C6	330 nF	
2	Kondensator	C9, C13	1 µF	
1	Kondensator	C3	10 µF	

2	Kondensator	C8, C12	220 µF	
2	Diode	D1, D2	1N4148	
2	Diode	D3, D4	1N4004	
2	Operationsverst.	IC1, IC2	LM358N	DIL08
2	Festspg.regler	IC3, IC4	7805	
6	Optokoppler	OK1, OK2, OK3, OK4, OK5, OK5	PC817	DIL04
4	Transistor	T1, T2, T3, T4	BC237	TO92
2	Jumper	JP1, JP2	2	
1	Jumper	JP3	3	
1	Durchkontakt.		ca. 1 cm	Silberdraht

Aufbauanleitung :

Die Bohrungen für die Durchkontaktierung, Widerstände, Kondensatoren und Transistoren können mit einem 0,8 mm Bohrer ausgeführt werden. Für die Operationsverstärker, Optokoppler und Jumper empfiehlt sich eine 1 mm Bohrung. Lediglich die Löcher für die Dioden und Festspannungsregler sollten mit 1,2 mm gebohrt werden.

Die Bestückung der Platine sollte mit der Durchkontaktierung begonnen werden, da diese fast bündig mit der Platinenoberfläche abschließen kann. Danach sämtliche Widerstände und die Dioden, gefolgt von den beiden Operationsverstärkern und den Optokopplern. Nach den liegend montierten Festspannungsreglern können die Kondensatoren, beginnend bei den kleinen Baugrößen, eingelötet werden. Den Abschluss bilden die Transistoren und die drei Jumper. Sämtliche Bauteilanschlüsse, die mit einer Leiterbahn angefahren werden, unabhängig auf welcher Platinenseite, müssen angelötet werden. Befindet sich auf der Ober- und Unterseite des Anschlusses die Zuführung einer Leiterbahn, so wurde diese als Durchkontaktierung vorgesehen und muss auch entsprechend von beiden Seiten angelötet werden.

Integration im Gesamtaufbau:

Das für die Koppler Version 1.0 entstandene Gehäuse konnte 1:1 übernommen werden. Ebenfalls entspricht die Belegung der einzelnen Buchsen und Stecker dem bisherigen Koppler. Hinzugekommen ist eine separate Buchse zur Einspeisung der 12V Versorgungsspannung des Schaltungsteils des PC.

2.2.5 Echolink Koppler Version 2.1

Der im Laufe der Studienarbeit entstandene Echolink Koppler Version 2.1 stellt die aktuellste Kopplerversion dar. Er ist als logische Weiterentwicklung der 2.0 Version entstanden und beseitigte dessen Mängel bezüglich des Layouts. Zusätzlich wurden kleinere Änderungen in das Layout eingebracht, die der Anpassung in den Gesamtaufbau dienen.

Die Echolink Koppler Version 2.1 ist mit Abschluss der Studienarbeit die aktuellste Version des Kopplers und befindet sich somit auch im aktuellen Gehäuse mit den anderen entwickelten Platinen zur Studienarbeit.

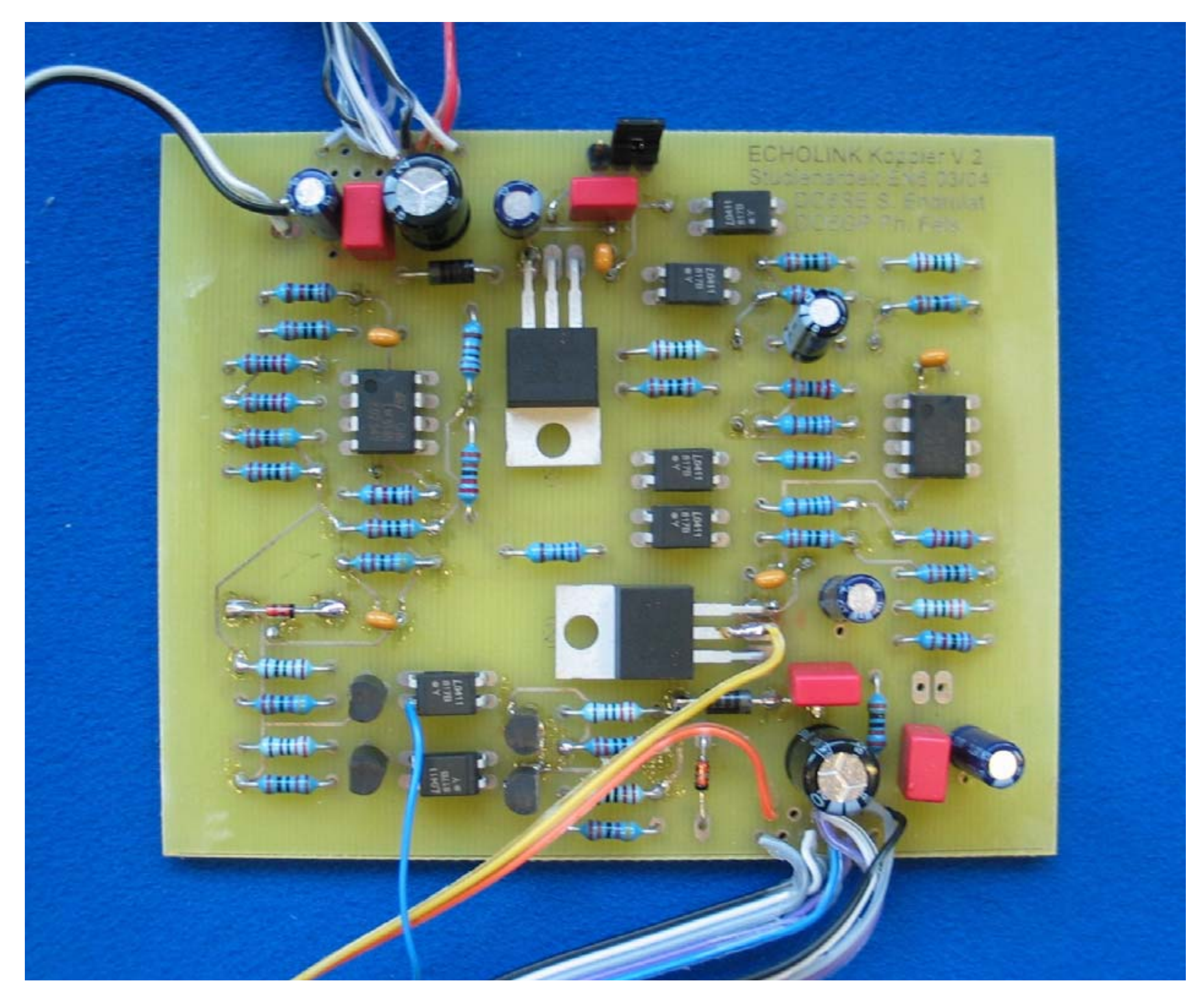


Abbildung (2.2.5 a): Echolink Koppler Version 0.1 - Experimentieraufbau

Änderungen zur Vorgängerversion:

An der Schaltung und deren Dimensionierung wurden keine Änderungen zur Vorgängerversion 2.0 getätigt. Lediglich die Anschlusspads wurden in einer kleineren Dimension gestaltet und in ihrer Anzahl verdoppelt.

Um den Anschluss einer mehradrigen Flachbandleitung zu erleichtern, wurden die Anschlusspads sehr dicht zusammengesetzt. Ein weites Auseinanderziehen der Flachbandleitung kann so wesentlich vermindert werden. Die somit geänderte Leitungsführung hatte zur Folge, dass ein erneutes Routen der oberen und unteren Leiterbahnen von Nöten war, und das ein oder andere Bauteil in seiner Position leicht verschoben werden musste. Um das Anlöten der Anschlussdrähte von der Bestückungsseite zu umgehen, wurden die Pads von unten angefahren
Der sich in der Koppler Version 2.0 eingeschlichene Makel, dass auf der Bestückungsseite, unter den flach montierten Festspannungsreglern, noch Leiterbahn verliefen, die isoliert werden mussten, wurde behoben. Ebenso wurden, bis auf die sehr kleinen Kondensatoren mit freistehenden Anschlussbeinchen, sämtliche Kapazitäten von der Platinenunterseite angefahren, um ein Anlöten auf der Bestückungsseite nicht tätigen zu müssen. Dadurch musste jedoch eine höhere Anzahl an Vias eingebunden werden. Im gesamten Layout sind somit elf einzelne Vias enthalten.

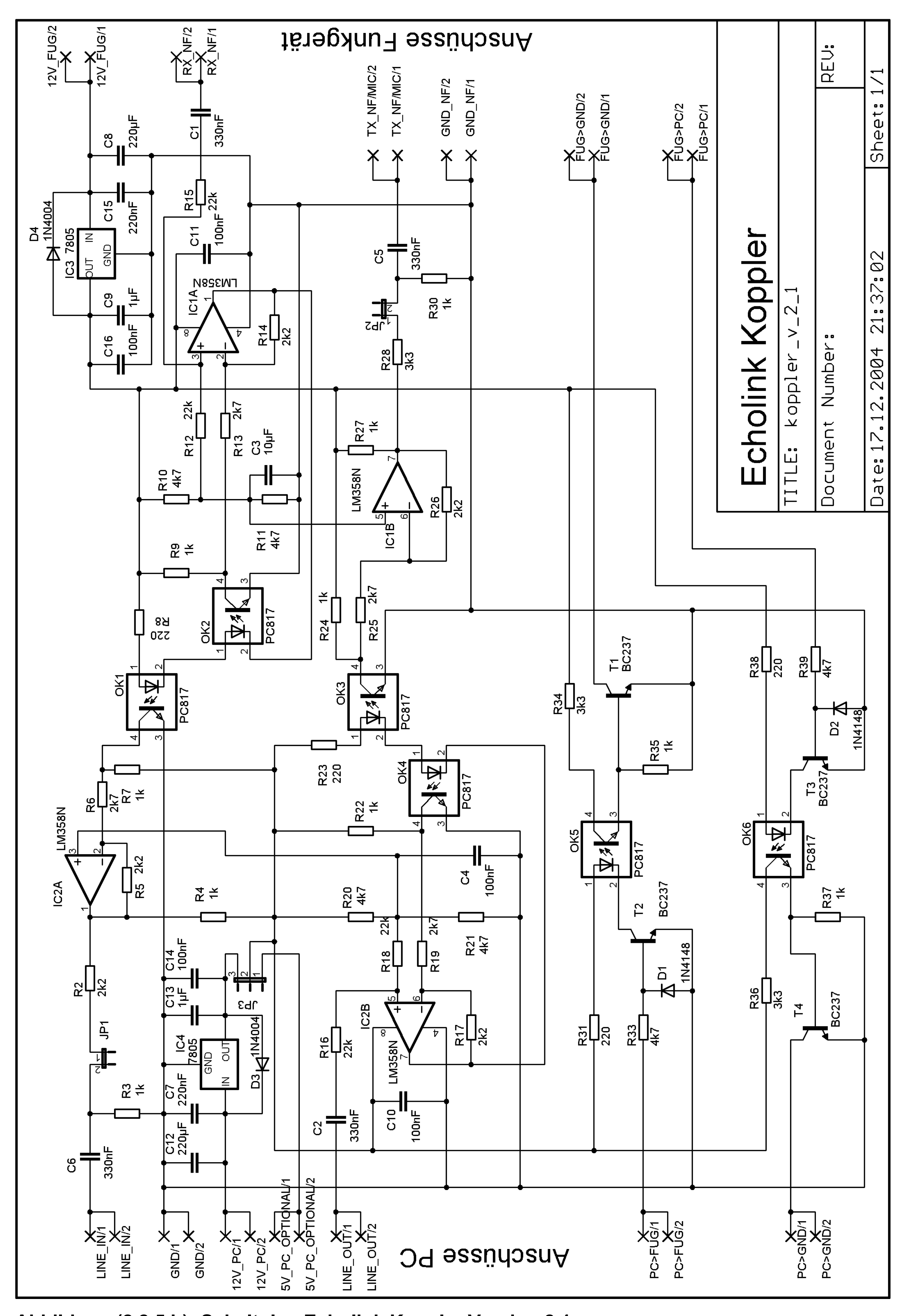


Abbildung (2.2.5 b): Schaltplan Echolink Koppler Version 2.1

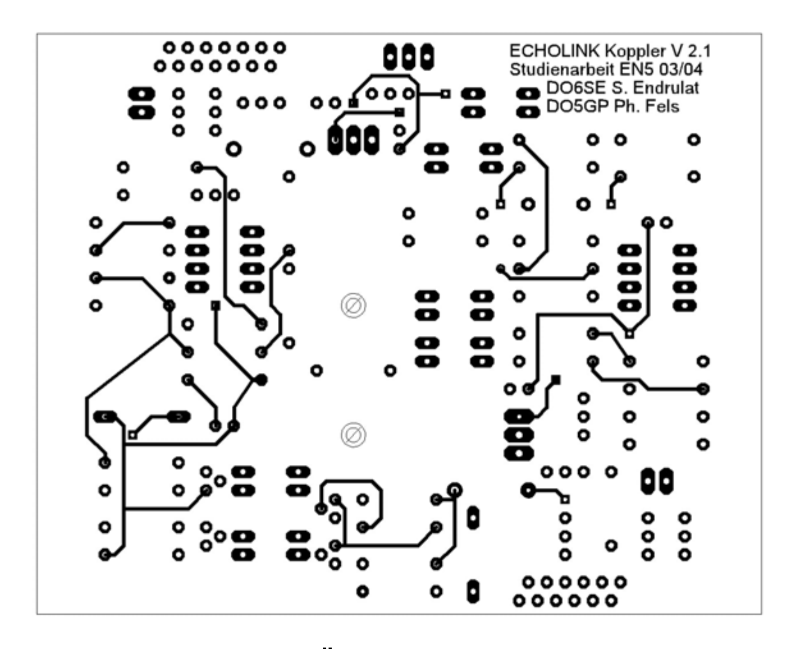


Abbildung (2.2.5 c): Platinenlayout - hier Ätzplan der Oberseite - Echolink Koppler Version 2.1, Abbildung entspricht den realen Dimensionen. Bei einem Ausdruck des Layouts direkt über Eagle befinden sich im nahen Umfeld der Platine noch Markierungen, um ein exaktes Übereinanderlegen der Ober- und Unterseite der Folien während des Belichtungsvorgangs ermöglichen zu können. Aus Platzgründen wurden diese hier weggelassen.

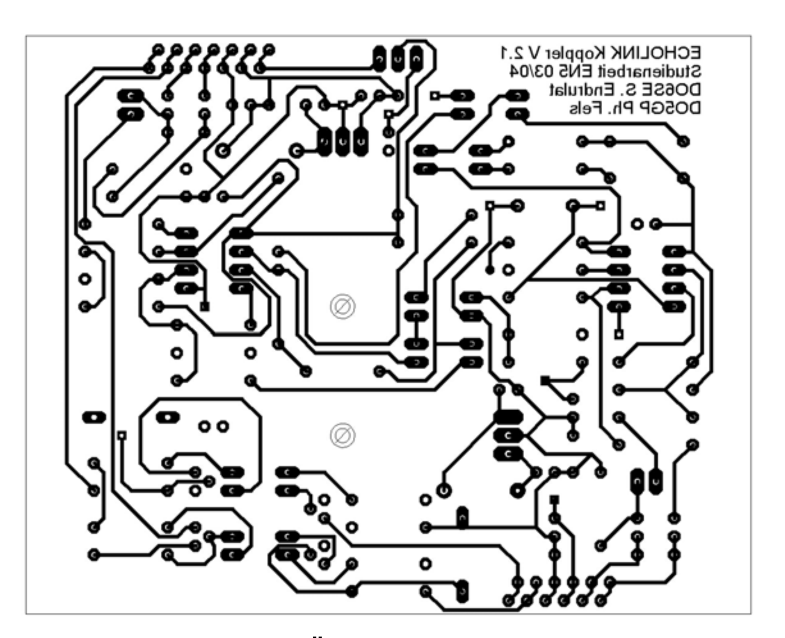


Abbildung (2.2.5. d): Platinenlayout - hier Ätzplan der Unterseite - Echolink Koppler Version 2.1, Abbildung entspricht den realen Dimensionen. Bei einem Ausdruck des Layouts direkt über Eagle befinden sich im nahen Umfeld der Platine noch Markierungen, um ein exaktes Übereinanderlegen der Ober- und Unterseite der Folien während des Belichtungsvorgangs ermöglichen zu können. Aus Platzgründen wurden diese hier weggelassen.

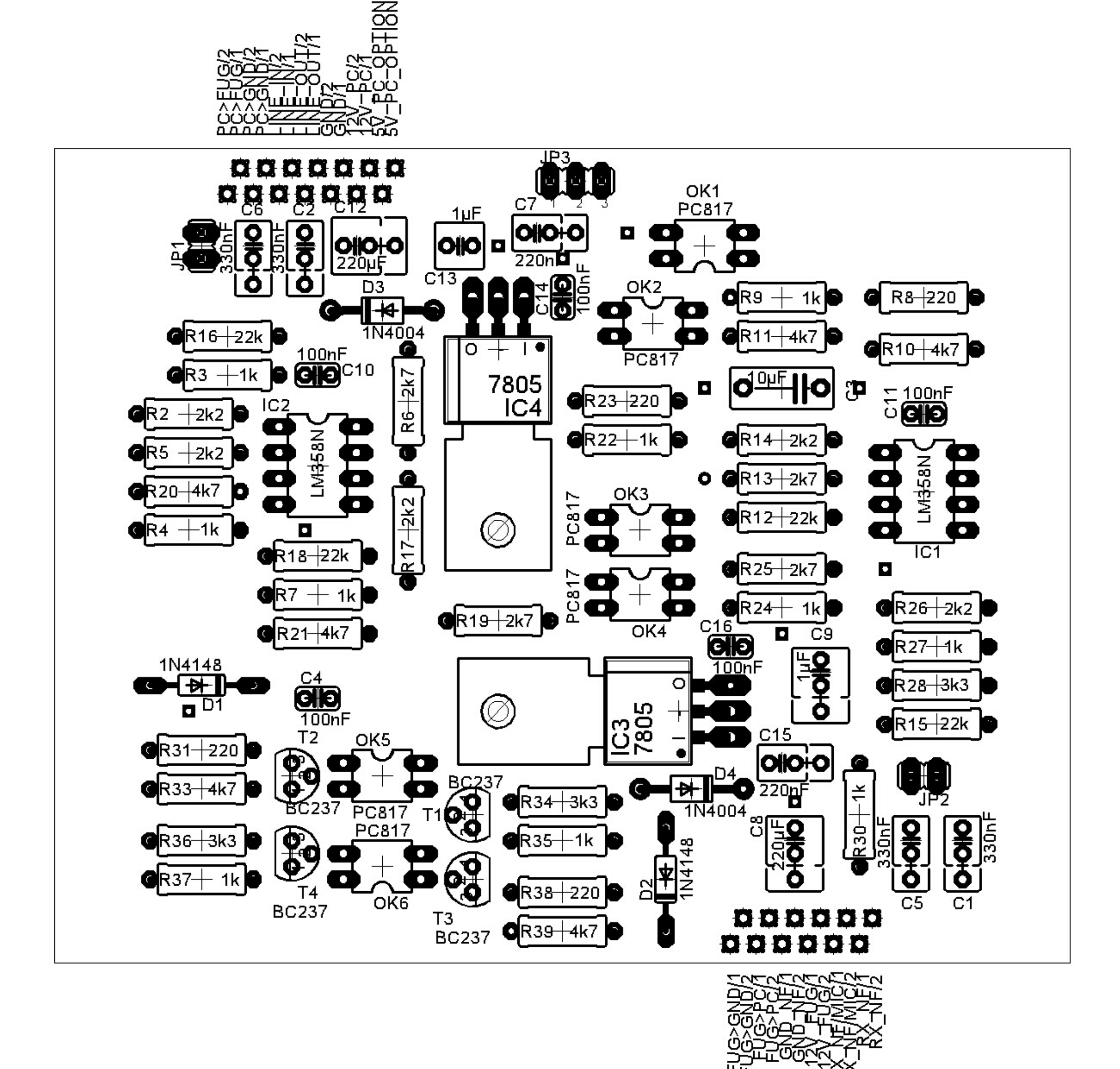


Abbildung (2.2.5 e): Platinenlayout - hier Bestückungsplan - Echolink Koppler Version 2.1, um die Lesbarkeit und damit den Nachbau zu vereinfachen, wurde die Abbildung wesentlich vergrößert.

Bauteilliste:

Anzahl	Bauteiltyp:	Bezeichnung	Wertigkeit:	Sonstiges:
4	Widerstand	R8, R23, R31, R38	220 Ω	
10	Widerstand	R3, R4, R7, R9, R22, R24, R27, R30, R35, R37	1 kΩ	
5	Widerstand	R2, R5, R14, R17, R26	2,2 kΩ	
4	Widerstand	R6, R13, R19, R25	2,7 kΩ	
3	Widerstand	R28, R34, R36	3,3 kΩ	
6	Widerstand	R10, R11, R20, R21, R33, R39	4,7 kΩ	
4	Widerstand	R12, R15, R16, R18	22 kΩ	
5	Kondensator	C4, C10, C11, C14, C16	100 nF	
2	Kondensator	C7, C15	220 nF	
4	Kondensator	C1, C2, C5, C6	330 nF	
2	Kondensator	C9, C13	1 µF	
1	Kondensator	C3	10 µF	
2	Kondensator	C8, C12	220 µF	
2	Diode	D1, D2	1N4148	
2	Diode	D3, D4	1N4004	
2	Operationsverst.	IC1, IC2	LM358N	DIL08
2	Festspg.regler	IC3, IC4	7805	
6	Optokoppler	OK1, OK2, OK3, OK4, OK5, OK5	PC817	DIL04
4	Transistor	T1, T2, T3, T4	BC237	TO92
2	Jumper	JP1, JP2	2	
1	Jumper	JP3	3	
11	Durchkontakt.		ca. 10 cm	Silberdraht

Aufbauanleitung :

Die Bohrungen für die Durchkontaktierung, Widerstände, Kondensatoren und Transistoren können mit einem 0,8 mm Bohrer ausgeführt werden. Für die Operationsverstärker, Optokoppler und Jumper empfiehlt sich eine 1 mm Bohrung. Lediglich die Löcher für die Dioden und Festspannungsregler sollten mit 1,2 mm gebohrt werden.

Die Bestückung der Platine sollte mit den elf einzelnen Durchkontaktierungen begonnen werden, da diese fast bündig mit der Platinenoberfläche abschließen können. Danach können sämtliche Widerstände und die Dioden, gefolgt von den beiden Operationsverstärkern und den Optokopplern eingelötet werden. Nach den liegend montierten Festspannungsreglern können die

Kondensatoren, beginnend bei den kleinen Baugrößen, eingelötet werden. Den Abschluss bilden die Transistoren und die drei Jumper.

Bei dem gesamten Aufbau der Platine ist es wichtig, dass sämtliche Bauteile überall dort angelötet werden, wo eine Leiterbahn zum Bauteilanschluss führt. Führen an einem Anschluss Leiterbahnen auf der Ober- und Unterseite hin, so ist das Bauteil von beiden Platinenseiten einzulöten.

2.2.6 Verdrahtung zu anderen Modulen

Die Schnittstellen zu den anderen Modulen sind ab der Echolink Koppler Version 1.0 bestehen geblieben. Lediglich die Verdopplung der einzelnen Kontakte auf zwei Lötpads war diesbezüglich die wesentlichste Veränderung bei der Weiterentwicklung zur 2.1 Version. Die nun beschriebenen Schnittstellen beziehen sich darum explizit auf die aktuellste Version, gelten aber entsprechend auch für die Versionsstände darunter.

TX_NF/MIC/2 ←→ Sprachmodul 1, SP+

GND_NF/2 ←→ Sprachmodul 1, SP-

TX_NF/MIC/2 ←→ Sprachmodul 2, SP+

GND_NF/2 ←→ Sprachmodul 2, SP-

RX_NF/2 ←→ Sprachmodul 2, ANA_IN

RX_NF/2 ←→ DTMF Decoder, DTMF_INPUT

JP1/1 ←→ Schalteinheit, SW_A1/1

JP1/2 ←→ Schalteinheit, SW_A1/2

OK5 PIN 2 ←→ Schalteinheit, SW_C1/1

GND_NF/1 ←→ Schalteinheit, SW_D1/1

FUG>GND/2 ←→ Schalteinheit, SW_D1/3

Alternative Einsatzbereiche der Kopplereinheit

Wie bereits ganz zu Beginn von Kapitel 2 schon erläutert wurde, soll die Verwendung der Kopplereinheit sich nicht nur auf die Echolink Anwendung beschränken, sondern durchaus auch in anderen Bereichen des Amateurfunk ihren Einsatz finden.

So ist es durchaus denkbar, dass die Schaltung bei jeglichen anderweitigen Amateurfunkanwendung eingesetzt werden kann, bei der eine sichere Trennung der Schnittstellen des Computers oder auch eines anderen Gerätes zu denen des Funkgerätes gegeben sein sollte. Da die Schaltung ein permanentes „Hineinhören" in den Funkkanal bzw. permanent in der Lage ist Daten an das Funkgerät zu senden, sind auch Duplexverbindungen zwischen Funkgerät und PC realisierbar. Was dann noch zu überprüfen wäre, ist Anpassung der Schaltstufen des Kopplers an die jeweils verwendeten COM-Ausgänge des PC. Die evtl. geänderte Belegung der COM-Schnittstelle müsste der Dokumentation der entsprechenden Anwendung bzw. deren Software entnommen werden.

2.2.7 Mögliche alternative Bauteile und Technologien

Die Schaltung wurde in der vorliegenden Form mittels einfachen Optokopplern realisiert. Dies ist zwar eine recht einfache und auch sehr günstige Möglichkeit, jedoch unterliegt die optische Übertragungsstrecke im Optokoppler starken Alterungen und hat einen eingeschränkten Temperaturbereich, in dem die einwandfreie Funktion gewährleistet ist. In wie weit sich diese Faktoren überhaupt auf die Funktion des Echolink Kopplers, speziell beim Langzeit Einsatz, auswirken sei hier in Frage gestellt. Die Koppler werden derzeit lange nicht an ihren physikalischen Grenzen betrieben, wie es z.B. bei einem Einsatz der Bauteile in der industrieellen Bustechnik getan wird. Es wäre durchaus denkbar, dass sich über Jahre hinweg keinerlei merkenswerte Veränderungen auftun. Jedoch wäre der Einsatz modernerer Technologien mit ganz anderen übertragungstechnischen Eigenschaften durchaus denkbar.

Solch eine derzeit sehr aktuelle Technologie wäre die Übertragung mittels Halbleiterkopplern auf magnetischer Basis. Der unter dem Produktnamen IsoLoop von NVE[9] auf dem Markt gebrachte GMR[10]-Datenkoppler nutzt diese Technologie. Der hierbei genutzte GMR-Effekt wurde 1988 von französischen Wissenschaftlern erstmals entdeckt. Die

[9] NVE: http://www.nve.com
[10] GMR: Giant Magneto Resistance; dt. gigantischer Magnetowiderstand-Effekt

GMR-Materialien bestehen aus einer speziellen Metalllegierung, die einem veränderbarem Magnetfeld ausgesetzt den elektrischen Leitwert proportional dazu ändern. Die derzeit am Markt erhältlichen Koppler sind problemlos in der Lage Frequenzen bis 50 MHz zu übertragen und besitzen eine Spannungsfestigkeit von 4500 VDC. Hinzukommt, dass die Technologie sehr sensibel ist und somit kürzere Verzögerungszeiten liefert. Die erhältlichen IsoLoop-Koppler sind fünf- bis zehnmal schneller als die schnellsten Optokoppler und lassen sich in Temerperaturbereichen von 100°C und höher betreiben. Die erfassten Signale werden bereits mit integrierten Schaltverstärkern aufbereitet und stehen so als direkte Nachbildung des Eingangssignals am isolierten Ausgang zur Verfügung.

Eine weitere aktuelle Technologie, die eine mikro-elektromechanische Nachbildung eines Transformators ist, ist die von Analog Devices vertriebene iCoupler Technik. Die Integration der Technologie in einem Chip ermöglicht eine Vielzahl neuer Halbleiterprodukte. So wird die Verlustleitungsaufnahme im Vergleich zu Optokopplern auf etwa ein Zehntel reduziert und erlaubt wesentlich höhere Datenraten mit exakter Nachbildung der Eingangssignale.

2.2.8 Ausblick

Sämtliche hier erläuterten Versionen des Echolink Kopplers wurden mit konventionellen Bauteilen hergestellt. Dies erleichtert gerade den Nachbau der Schaltung erheblich. Es wäre aber auch durchaus vorstellbar den Koppler in einer weiteren Version zu realisieren, in einer Kopplerversion 3.0, mit einem ein- oder auch zweiseitigen Aufbau mittels SMD Bauteilen. Die Dimension des Kopplers würde sich dann erheblich reduzieren, was dem Betreiben der Schaltung in anderen Bereichen des Amateurfunks vermutlich entgegen kommen würde. So würde die Platzierung des Kopplers in einem freien Bereich eines bereits vorhandenen Gehäuses, beispielsweise bereits im Funkgerät mit hinzugefügten direkten isolierten Ausgängen für den PC, schnell und einfach erfolgen können.

2.3 Prozessor-Einheit HC12

Die Verwendung des uns bereits bekannten 16-bit Mikrocontrollers HC12 der Firma Motorola bot sich idealer Weise an, da infolge der Vorlesung „Programmieren von Mikrocontrollern“ und dem dazu gehörigen Labor bei Herrn Prof. Uhlenhoff bereits praktische Erfahrungen in der Handhabung der Controllerausgänge, aber auch in der Programmierung des Chip vorhanden waren.

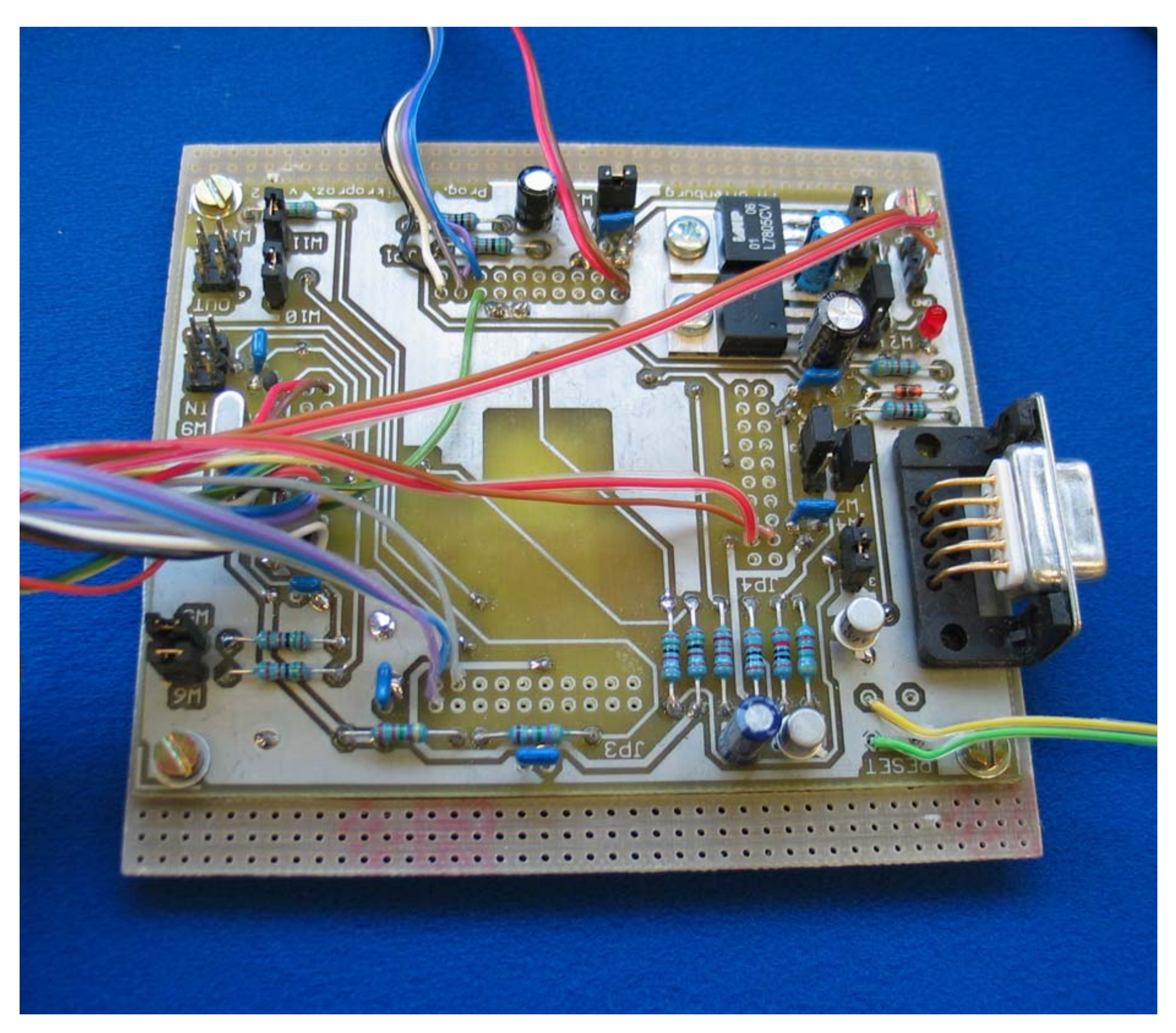


Abbildung (2.3 a): HC12 Controllerborad, bereits auf Träger montiert.

Nachfolgend einige Spezifikationen des Controllers:

Hersteller: Motorola
Typ: 68HC912B
quadratischer 80 Pin Chip

Features:

- 16-bit CPU
- Speicher:
    - 32-Kbyte FLASH, der elektrisch löschbar und nur auslesbar programmierbarer EEPROM Speicher, mit 2-Kbyte vor Löschungen geschützter Boot-Bereich
    - 32-Kbyte ROM
    - 768-byte EEPROM
    - 1-Kbyte RAM
- 8-Kanal, 10-bit AD-Wandler
- Pulsweiten Modulator (PWM):
    - 8-bit mit 4-Kanälen oder 16-bit mit 2-Kanälen
- Serielles Interface mit CAN Bus Funktionalität
- Bis zu 63, über Register als Ein- oder Ausgang definierbare Pins

2.3.1 Funktion

Der Mikrocontroller bildet die zentrale Controlleinheit der Echolink Box. Über seine Programmierung wird es erst möglich zwischen der globalen Ebene, in der ein regulärer Echolink-Betrieb möglich ist, und der Ebene der lokalen Funktionen hin- und herzuschalten. Über den Controller werden somit sämtliche in der Echolink-Box vorhandenen Platinen direkt oder auch indirekt über Schaltvorgänge gesteuert und beeinflusst.
Entsprechend der Programmierung aus Kapitel 3 werden die einzelnen Ports des Controllers abgefragt oder auch mit definierten Zuständen belegt. Die Ports auf der Platine wurden hierzu direkt mit den jeweiligen Schnittstellen der Platinen verbunden.

2.3.2 Allgemeines, Hinweis auf Studienarbeiten zu EVB HC12

Um die Dimensionen des Controllerboards im Gesamtaufbau der Studienarbeit so klein als möglich zu halten, wurde das an der Fachhochschule entworfenen Evaluationboard Version 3.2 verwendet. In seinen Abmaßen entspricht es einer halben Europlatine und trägt den

eigentlichen HC12-Chip onboard auf der Unterseite der Platine, was zusätzlich die Aufbauhöhe reduziert.

Bezüglich des Aufbaus und der Funktion der Controllerplatine sei hier auf die entsprechenden Studienarbeiten, die an der Fachhochschule darüber geschrieben wurden, verwiesen. Im Einzelnen sind dies:

- Erstellung einer Mikrocontroller-Platine für den Baustein MC68HC12 von Motorola sowie Download und Reload des Anwenderprogramms D-Bug12. Torsten Brandstetter & Wolfgang Isele, FH Offenburg, Fachbereich Elektrotechnik.

- Optimierung eines bereits vorhandenen Mikrocontrollerplatinenlayouts für den Baustein MC68HC12 inklusive Beseitigung von Fehlern. Frank Durban, FH Offenburg, Fachbereich Elektrotechnik.

An dieser Stelle detailliert auf die spezifischen Details des EVB Boards einzugehen würde den Rahmen dieser Ausarbeitung bei weitem sprengen. Es sind hier lediglich die notwendigen Informationen zum Betreiben des Controllers in der Echolink-Box gegeben.

Um das Einschieben des Mikrocontrollerboards in das Echolink-Box Gehäuse ermöglichen zu können, musste die komplette Platine auf einen keinen Kunststoffträgerrahmen montiert werden. Gleichzeitig konnte so die RS-232 Buchse direkt in die Frontblende eingelassen werden.

Die Versorgung der Platine erfolgt mit 12 VDC. Die montierte RS-232 Buchse ermöglicht über eine serielle Schnittstelle eines Computers das Ansprechen des Mikrocontrollers. Ebenfalls wurde der Resettaster als Kipptaster in die Frontblende der Echolink-Box montiert um das System in einen klar definierten Zustand setzten zu können.

2.3.3 Verdrahtung zu anderen Modulen

PA0 ←→ Schalteinheit, CONTR_D1

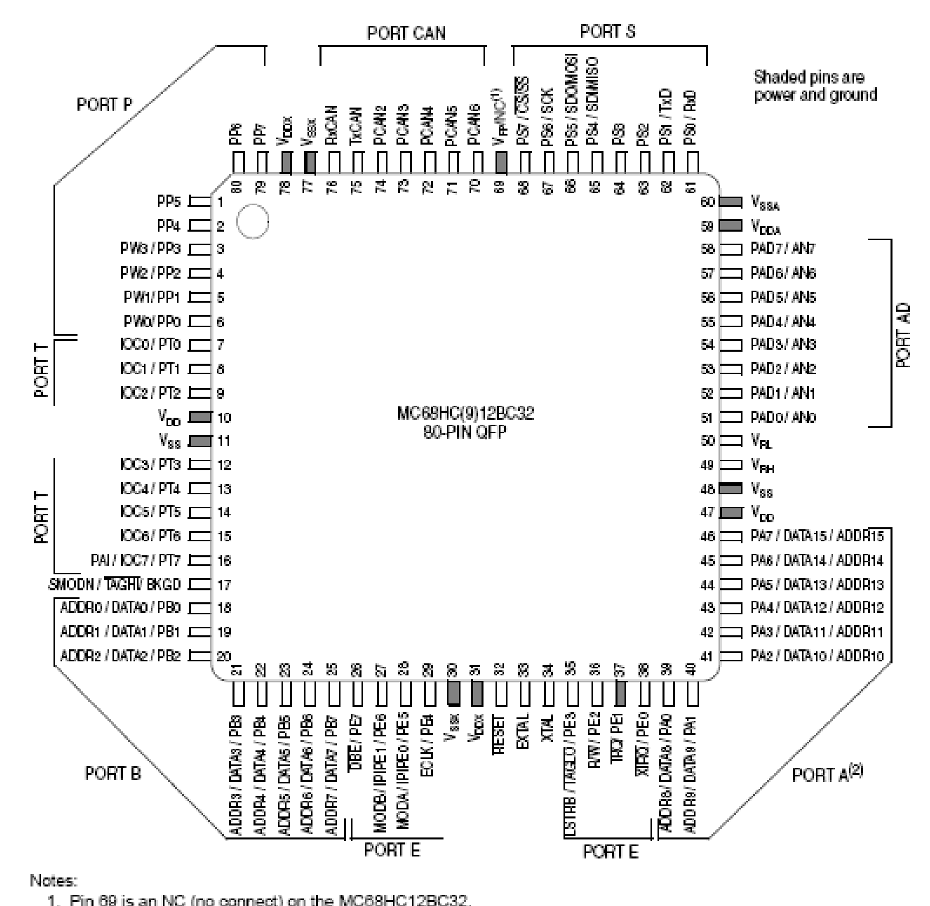
PA1 ←→ Sprachmodul 1, CE(NOT)_Start

PA2-PA5 ←→ DTMF Decoder, Q1-Q4

PA6 ←→ DTMF Decoder, StD

PA7	←→	Schalteinheit, CONTR_A1
PB0	←→	Sprachmodul 2, EOM (NOT)
PB1	←→	Sprachmodul 1, EOM (NOT)
PB2-PB7	←→	Sprachmodul 1, A0-A5
PE2	←→	Sprachmodul 2, CE(NOT)_Start
PE3	←→	Sprachmodul 2, P/R(NOT)
PE5	←→	Schalteinheit, CONTR_C1
PE6+PE7	←→	Sprachmodul 2, A4+A5
PIN 32 (RESET)	←→	Schalteinheit, SW_C1/3

2.3.4 Pläne



Notes:
1. Pin 69 is an NC (no connect) on the MC68HC12BC32.
2. In narrow mode, high and low data bytes are multiplexed in alternate bus cycles on port A.

Abbildung (2.3.4 a): Port-Belegungen des Motorola HC12

2.4 Sprachmodul

Das in der Echolink-Box verwendete, optionale Sprachmodul basiert auf einem integrierten Baustein der Firma Winbond. Das Platinenlayout wurde für den Typ der Familie ISD 25XX designed. Die beiden Wildcards in der Bezeichnung geben die maximal mögliche Gesamtspeicherdauer für Sprachsequenzen an. Es handelt sich bei diesem Baustein um einen Single-Chip Voice Record/Playback IC, welcher in der Lage ist, ein analoges NF Signal abzutasten und in kodierter Form in einen nicht flüchtigen Speicher (MLS, Multi-Level Storage) abzulegen sowie diese abgespeicherte(n) Sprachnachricht(en) beliebig oft über einen integrierten Verstärker direkt auf einen niederohmigen Lautsprecher auszugeben. Hierbei sind die Speicherzellen einzeln adressierbar. Ein entsprechendes Bussystem zur Ansteuerung ist Mikrocontroller -kompatibel am Baustein vorhanden.

Der Baustein vom Typ ISD 2564, mit einer Gesamtspeicherkapaität von 64 Sekunden Sprachinformationen, welcher für dieses Projekt ausgesucht wurde, konnte nicht beschafft werden, da sämtliche Händler bzw. Versender entsprechender Bausteine diesen nicht am Lager hatten. Es wurde alternativ der „kleine Bruder" ISD 1416 beschafft und das Sprachmodul doppelt in der Echolink-Box ausgeführt. Somit ergibt sich immerhin eine Gesamtspeicherdauer von 32 Sekunden, verteilt auf zwei Module.

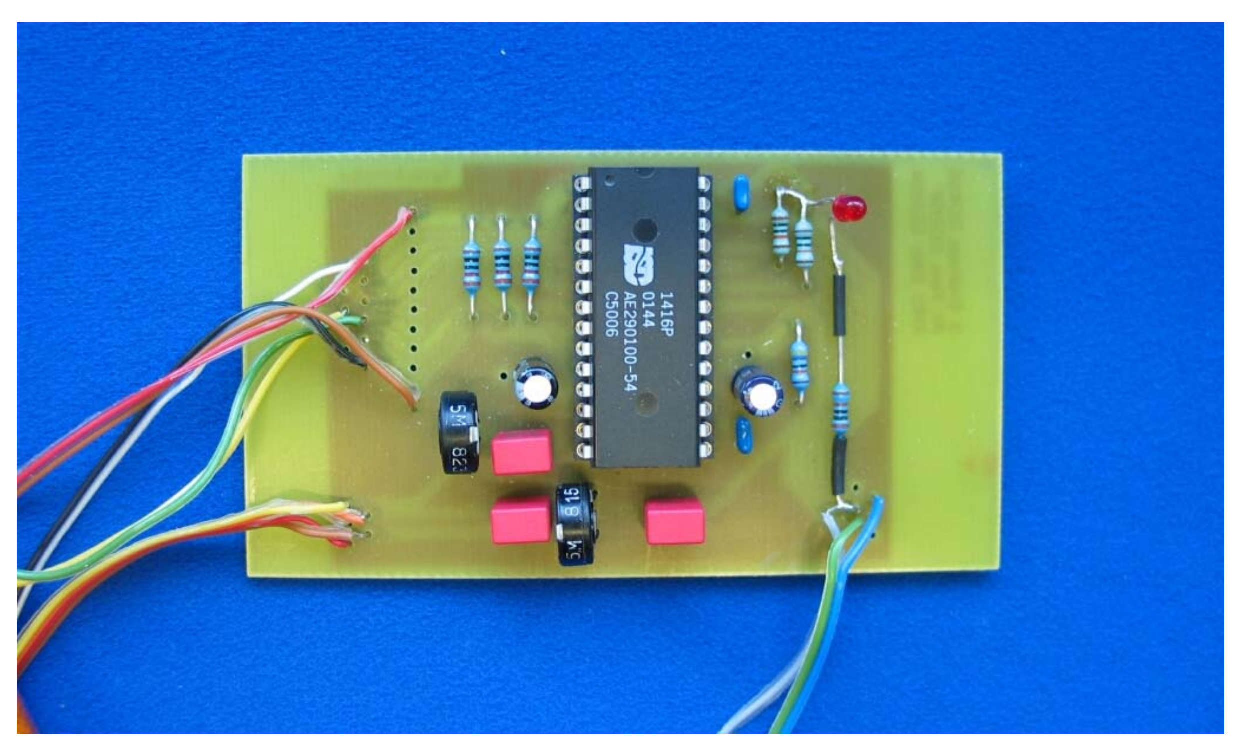


Abbildung (2.4 a) Sprachmodul

Der ISD 1416 ist praktisch pinkompatibel zum favorisierten ISD 2564 und daher das erstellte Platinenlayout mit ein paar nachfolgend beschriebenen manuellen Änderungen somit für beide Typen verwendbar.

Die wichtigsten technischen Spezifikationen für den ISD 1416 sind nachfolgend aufgeführt:

Spannungsversorgung:	5	V DC
Sampling-Rate:	8,0	kHz
Minimale Pause Wiedergabe/Aufnahme:	100	ms
3 dB Rolloff Punkt Bandpaß-Filter:	3,3	kHz
Maximale Sprachspeicherkapazität:	16	sec.
Ausgangsleistung Lautsprecher (16 Ω):	12	mW
Anzahl der Adreßleitungen (Bus zum µC):	8	Stck.
Gehäuse:	PDIP 28 Pin	

Weitere, detaillierte Informationen sind dem Datenblatt der Firma Winbond [11] zu entnehmen (isd_1400.pdf)

2.4.1 Entwicklung, Anpassungen

Bei der Entwicklung der Platine für das Sprachspeichermodul diente eine Empfehlung der Firma Winbond zum Aufbau und zur Anschaltung der noch benötigten, diskreten Bauteile als Anhaltspunkt.
Abweichend von dieser wurden diverse Änderungen bzw. Erweiterungen in der Ausführung vorgenommen, da es von der Firma Winbond kein Anschaltungsbeispiel für einen Mikrocontroller der Firma Motorola gibt.
Die umfangreiche Dokumentation des Bausteins in Form des Datenblattes machte jedoch diese Anpassungen ohne größere Probleme möglich. Einzig das Timeing für die Übergabe der Wiedergabe– und Aufnahmesequenzen in Verbindung mit der Programmierung des HC12 in Assembler machte Probleme, da die Adressierung der einzelnen Speichersegmente nicht ausreichend dokumentiert ist.

Es wurden Anpassungen bzw. Erweiterungen der Standardbeschaltung für den ISD 1416 durchgeführt. Aufgrund nicht 100 % gegebener Übereinstimmung der Pinkompatibilität zum ISD 25XX sind zusätzlich auch nachträgliche, manuelle Anpassungen am Platinenlayout bzw. an der Bestückung notwendig.

[11] http://www.winbond.com

Diese sind separat in der nachfolgenden Beschreibung gekennzeichnet:

- PIN 7, 9+10 Pullup Widerstände nach VCC
- PIN 14 Koppelkondensator (330nF) zum NF Ausgang mit nachfolgendem Trimmer zur Anpassung des Pegels
- PIN 15 Koppelkondensator (330nF) zum NF Ausgang
- PIN 16 + 28 Filterkondensatoren für die Glättung der VCC
- PIN 20 NF Eingang direkt geschaltet ohne Verwendung des eingebauten Vorverstärkers, da ausreichend Pegel am Eingang vorhanden ist
- PIN 22 beschaltet für die Ausführung ISD 25XX, beim ISD14XX jedoch N.C.
- PIN 23 Pullup Widerstand nach VCC
- PIN 25,27 Pullup Widerstände nach VCC (bisher nicht im Platinenlayout vorgesehen, manuelle Änderung auf der Platine nachträglich nötig)
- PIN 24 In der Ausführung für den ISD 25XX Pulldown Widerstand nach GND, in der Ausführung für den ISD 14XX Pullup Widerstand nach VCC (manuelle Änderung auf der Platine nachträglich nötig)

2.4.2 Aufbau, Funktion

Das Platinenlayout ist so designed, daß alle diskreten Bauteile in verschiedenen Bauformen ausreichend Platz auf der Platine finden. Diese ist ebenfalls so ausgelegt, daß sie sich auch für andere Einsätze des Sprachmoduls eignet. So sind alle belegten und für diese Anwendung relevanten Pins des IC‘s auf der Platine zu Anschlußleisten geführt und teilweise mehrfach auf diesen ausgelegt. VCC und GND sind ebenfalls separat an allen Anschlußbereichen verfügbar. GND ist über die gesamte Platine großflächig ausgeführt um eventuelle Störeinwirkungen im HF-Bereich auf die Schaltung zu minimieren.

Die Steuereingänge des ISD 14XX sind low-aktiv und mit Pullup-widerständen beschaltet. Diese Widerstände verhindern, daß die Ports undefinierte Spannungswerte annehmen. insbesondere beim PIN 27 ist dies wichtig, da durch einen undefinierten Pegel im Einschaltmoment Speicherbereiche im Sprachspeicherchip ungewollt überschrieben bzw. gelöscht werden könnten.

Der ISD 14XX besitzt wie schon ausgeführt mehrere Steuerports, welche für die einzelnen Funktionen mit ein Low (0V) über den HC12

angesprochen werden. Hier einen Übersicht über die PIN's, die zur Steuerung des Sprachspeicherbausteins verwendet werden:

PIN 23 Wiedergabe – Funktion

PIN 27 Aufnahme – Funktion

Der Signalisierungsausgang des ISD 14XX (PIN 25) ist ebenfalls low-aktiv und auch mit einem Pullup-Widerstand ausgeführt. In der vorliegenden Ausführung ist zusätzlich eine Leuchtdiode, welche nicht im Schaltbild eingezeichnet ist, zu Testzwecken angeschaltet. Mit dieser lassen sich bei Versuchen mit der Software und deren Programmierung die einzelnen Stadien der Ausführung von Funktionen optisch nachvollziehen. Die LED leuchtet bei der Aufnahme von Sprachinformationen in den Speicher des ISD 14XX für die Länge der Aufnahme. Zusätzlich wird diese auch nach Beendigung der Wiedergabe, bei erreichen des EOM- (End of message) Markers, für einen kurzen Impuls geschaltet.
Der hier beschriebene Signalisierungsport wird vom HC12 permanent während der Wiedergabe von Sprachnachrichten abgefragt, um den EOM Impuls (low-aktiv) zu dedektieren. Eine weitere Beschreibung dieser Routine findet sich im Kapitel 3 (Softwareentwicklung).

Der HC12 steuert ebenfalls die Adressierung der Speicherzellen in welche entweder die Sprachnachricht gespeichert oder aus welcher diese abgerufen werden soll. Hierfür wird der Baustein über die zwei MSB's des 8 Bit breiten Steuerbusses (PIN 1-6 und 9+10) so kodiert, dass die verbleibenden 6 Bit als Adreßleitungen interpretiert werden. Der somit entstehende 6 Bit breite Bus geht an digitale Eingangsports des HC12 wie in Kapitel 2.3.5. beschrieben. Die zwei genannten MSB's wurden bei der Ausführung direkt auf Masse gelegt, da genau diese Kodierung, wie eben angesprochen, den Baustein die Steuerleitungen als Adressleitungen ansehen läßt.

Die analoge Seite des ISD 14XX beinhaltet einen Verstärker zur Wiedergabe der Sprachsignale, dimensioniert zum Anschluß direkt an einen Lautsprecher, und einen analogen NF-Eingang. Für die Anpassung des Aus- bzw. Eingangspegels an den Pegel der Soundkarte bzw. an Pegel weiterer Sprachmodule ist je ein Trimmer vorgesehen. Die Koeffizienten sollten ebenfalls, wie die auch schon im allgemeinen Teil für die Soundkarteneinstellungen beschrieben, experimentell ermittelt werden. Es ist schnell und ohne großen Aufwand möglich, hier

gute Ergebnisse im angleichen der Pegel der einzelnen NF-Quellen wie Soundkarte, Sprachmodule usw. aneinander zu erzielen.

2.4.3 Besonderheiten

Wie eingangs in der Einführung des Kapitels 2.3. bereits erwähnt, konnte der favorisierte Sprachspeicherchip ISD 2564 mit 64 Sekunden Speichervolumen nicht beschafft werden. Um aber nicht mit nur 16 Sekunden Sprachspeicher des ISD 1416 auskommen zu müssen, wurde das Sprachmodul doppelt ausgelegt. Es bot sich in diesem Zusammenhang an, die Funktionen Ansage der Standardtexte (Modul1) und Speicherung bzw. Wiedergabe der sogenannten Papagei - Funktion (Modul2) auf die beiden Module separat zu verteilen. Das Platinenlayout wurde für jedoch für den Typ der Familie ISD 25XX designed. Dies hat bereits beschriebene, kleinere Modifikationen an der Platine sowie auch Änderungen in der Anschaltung der beiden Module an den HC12 zur Folge.

Die PIN‘s 24,25 und 27 werden mit bei beiden Modulen mit Pullup Widerständen nach VCC beschaltet. Beim Sprachmodul 2 wird die Adreßleitung nur in 2-Bit ausgelegt, um abwechselnd zwischen den unteren Speicherblöcken in welchem sich die Ansage für die Papageifunktion befindet und dem oberen Bereich, in welchem die Testaussendung aufgezeichnet wird, umschalten zu können. Diese Anschaltung an den HC12 spart Portleitungen, welche eventuell später bei der Erweiterung der Echolink-Box für andere Funktionen benötigt werden.

2.4.4 Schnittstellen zu anderen Modulen (intern)

Die beiden Sprachspeichermodule sind mit analogen und digitalen Schnittstellen ausgestattet. Diese Ports sind nachfolgend in die genannten beiden Kategorien unterteilt aufgeführt:

<u>Digital:</u>

A0-A5	Adreßleitungen für die Auswahl der Speicherbereiche
A6+A7	Kodierung der Betriebsmodi des ISD 1416 (beide low für den hier benötigten Mode)
P/R(NOT)	Start der Aufnahmefunktion (bei low Pegel)

CE(NOT)_Start	Start der Wiedergabefunktion (bei low Pegel)
EOM (NOT)	Signalisierung Aufnahme bzw. Ende der Wiedergabe ➔ EOM (jeweils low Pegel beim Ereignis)
PD_STOP	Start der Wiedergabefunktion (low-edge triggered) *wird für die hier beschriebenen Funktionen nicht verwendet*
OVF(NOT)	N.C. beim ISD 14XX

Analog:

SP+	NF Ausgang (Pegel über Trimmer einstellbar)
SP-	NF Ausgang GND
ANA_IN	NF Eingang (Pegel über Trimmer einstellbar)

2.4.5 Verdrahtung zu anderen Baugruppen

Die oben aufgeführten Ports sind wie folgt mit anderen Modulen bzw. Baugruppen verdrahtet:

Sprachmodul 1

A0-A5	←→	HC12 PB2-PB7
A6+A7	←→	Sprachmodul 1 GND
P/R(NOT)	←→	Sprachmodul 1 VCC (über 10K Pullup)
CE(NOT)_Start	←→	HC12 PA1
EOM (NOT)	←→	HC12 PB1
PD_STOP	←→	N.C.
OVF(NOT)	←→	N.C.
SP+	←→	Kopplereinheit TX_NF/MIC/2

SP-	←→	Kopplereinheit GND_NF/2
ANA_IN	←→	N.C.

Sprachmodul 2

A0-A3	←→	Sprachmodul 2 GND
A4+A5	←→	HC12 PE6+PE7
A6+A7	←→	Sprachmodul 2 GND
P/R(NOT)	←→	HC12 PE3
CE(NOT)_Start	←→	HC12 PE2
EOM (NOT)	←→	HC12 PB0
PD_STOP	←→	N.C.
OVF(NOT)	←→	N.C.
SP+	←→	Kopplereinheit TX_NF/MIC/2
SP-	←→	Kopplereinheit GND_NF/2
ANA_IN	←→	Kopplereinheit RX_NF/2

2.4.6 Alternative Einsatzbereiche des Sprachmoduls

Beim Design der Sprachmodule wurde darauf Wert gelegt, daß diese vielfältig in verschieden Bereichen eingesetzt werden können. Zu nennen wäre hier zum Beispiel der Einsatz in Relaisfunkstellen des Amateurfunkdienstes (Sprache, Multimode oder auch ATV) zur Ansage von Stations- sowie Wetterdaten oder der Übermittlung von Betriebsparametern. Auch ist der Einsatz als Voicemailbox in Telefonanlagen oder als Anrufbeantworter denkbar.

2.4.7 Mögliche alternative Bauteile und Technologien

Durch die heute übliche Integration von vielen Funktionen in ein Gerät (PDA, Handheld-PC's usw.) und damit meist auch auf einem Chip, ist die Nachfrage laut den Vertreibern der integrierten Sprachspeichermodule nach diesen in den letzten Jahren deutlich gesunken. Daher bieten auch nur noch sehr wenige Hersteller diese Art der Single-Chip Lösung an. Alternative Bauteile sind daher schwer auszumachen und fast nicht zu beschaffen. Selbst das nicht so übliche, aber normalerweise standardmäßig verfügbare Modul mit 64 Sekunden Sprachspeicher, wäre nur über Umwege und unter verhältnismäßig hohem finanziellem Aufwand zu beschaffen gewesen.

Alternativ wäre die bereits erwähnte Möglichkeit in Frage gekommen, die Sprachspeicherung im HC12 mit zusätzlicher Anbindung eines nicht flüchtigen Erweiterungsspeichers zu realisieren. Dies hätte jedoch mit ziemlicher Sicherheit eine Knappheit der dann noch restlichen, zur Verfügung stehenden Digitalports am HC12 zur Folge gehabt. Aus diesem Grund wurde diese Überlegung bereits im Vorfeld der Entwicklung verworfen. Ein klarer Nachteil dieser Lösung wäre zudem gewesen, daß diese Funktion nicht als eigenständige Baugruppe zur Verfügung gestanden hätte und somit auch nicht für den Einsatz in anderen Anwendungen geeignet gewesen wäre.

2.4.8 Pläne

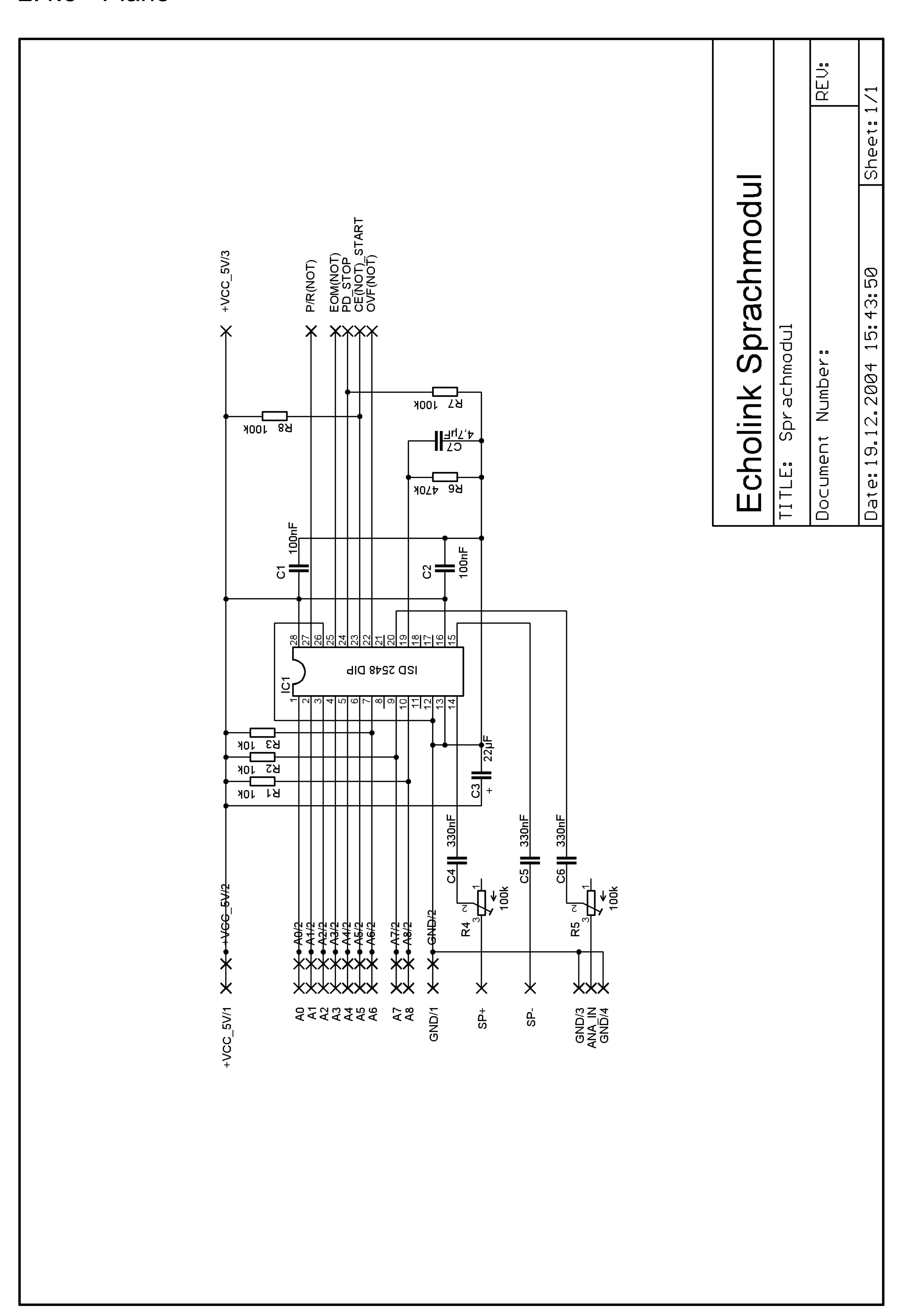


Abbildung (2.4.8. a) Schaltplan Sprachmodul

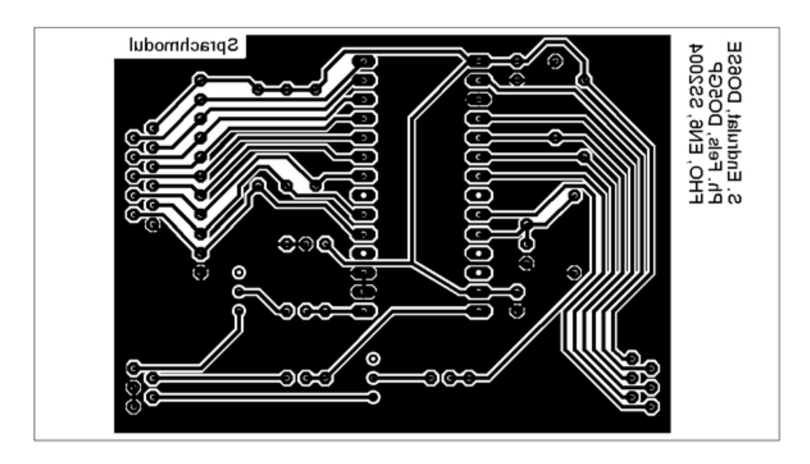


Abbildung (2.4.8. b): Layout Sprachmodul

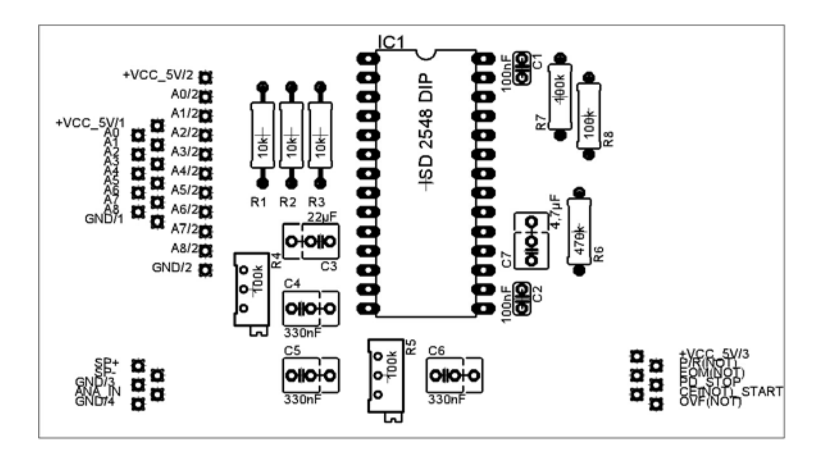


Abbildung (2.4.8. c): Bestückung Sprachmodul

2.5 DTMF Decodereinheit

Die DTMF Decodereinheit dient dazu, die vom Benutzer ausgesendeten DTMF-Töne zu decodieren und diese Information dann dem HC12 als codiertes 4-Bit Wort (Nibble) zur Verfügung zu stellen.
Die Firma Zarlink stellt eine Reihe von DTMF Bausteinen zur Verfügung, welche in der MT88XX Familie zusammengefaßt sind. Zum Einsatz kommt bei diesem Modul der DTMF-Receiver MT8870D, welcher speziell für die Decodierung von DTMF-Tönen entwickelt wurde und sich standardmäßig z.B. auch in Anrufbeantwortern oder Telefonanlagen befindet.

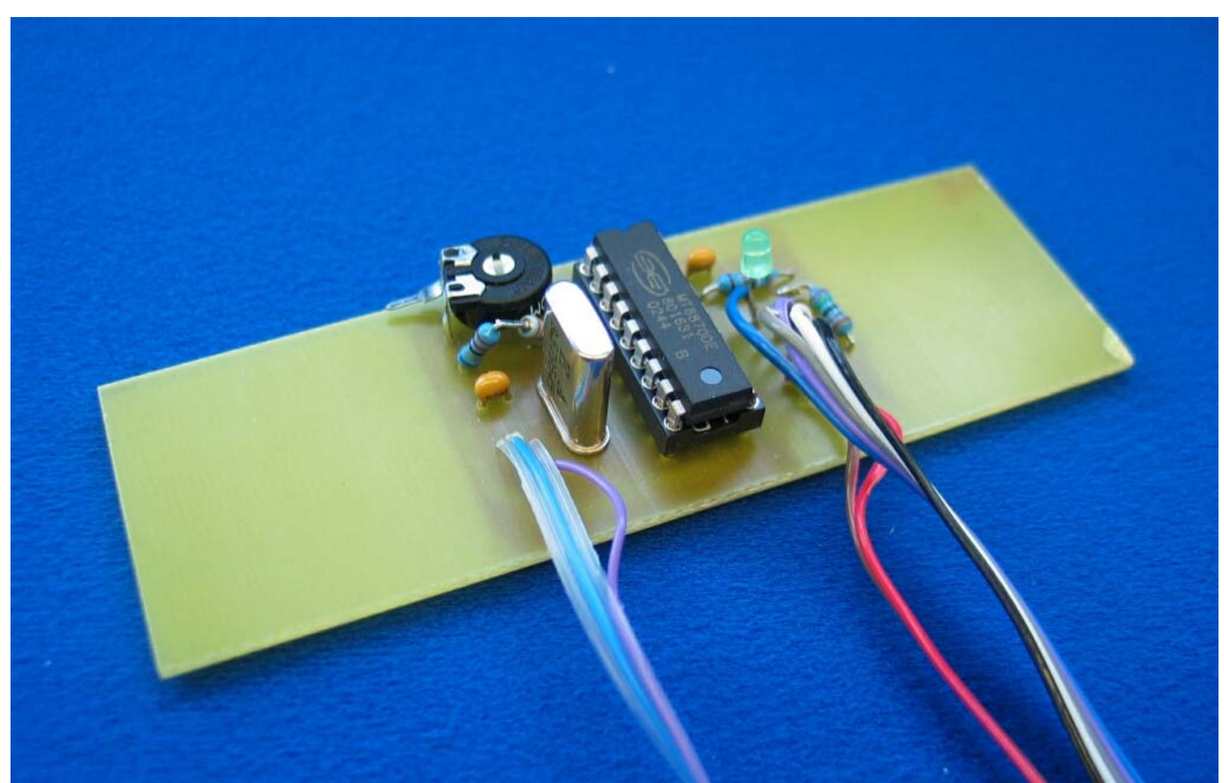


Abbildung (2.5 a): DTMF Decodereinheit

DTMF-Töne bestehen aus zwei überlagerten Frequenzen die als Matrix darstellbar und eindeutig einem 4-Bit Binärcode zugewiesen sind.

f_{LOW}	f_{HIGH} (Hz)	Zeichen	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0

Der MT8870D filtert das am Eingang angelegte NF Frequenzgemisch mit einen doppelten Bandpaß. Dieses Eingangsfilter ist notwendig um Interferenzen, welche bei der Mischung der beiden jeweiligen Frequenzen auftreten, sowie Störungen, welche durch die Übertragung entstehen können, zu eliminieren. Nach dieser Filterung wird eine Fast-Fourier-Transformation (FFT) durchgeführt um das Spektrum des Frequenzgemisches zu ermitteln. Aus den so gewonnenen Informationen läßt sich anhand der oben angegebenen Lookup-Tabelle den zwei ermittelten Frequenzen ein 4-Bit Binärcode zuweisen. Dieser wird dann bei Bedarf am Ausgang des MT8870D für die Abfrage durch den HC12 zur Verfügung gestellt.

Ein Grund für die Verwendung des MT8870D war, daß für die Beschaltung der Bausteine aus der MT88XX Reihe sind nur wenige, diskrete Bauteile von Nöten sind. Das nachfolgende Kapitel beschäftigt sich genauer mit dem Aufbau der Schaltung und Funktion der Bauelemente.

Die wichtigsten technischen Spezifikationen des MT8870D sind in der folgenden Übersicht aufgeführt:

Spannungsversorgung:	5	V DC
Stromverbrauch im Standby-Betrieb:	10	µA
Stromverbrauch bei Betrieb:	3	mA
Taktfrequenz (extern über Quarz):	3,5796	MHz
Eingangssignalpegel NF:	40 – 500	mV
Akzeptierte Frequenzabweichung DTMF:	± 2	%
Typische Dauer des DTMF Tones:	11	ms
Anzahl der Adreßleitungen (Bus zum µC):	4	Stck.
Gehäuse:	DIP 18 Pin	

Weitere, detaillierte Informationen sind dem Datenblatt der Firma Zarlink [12] zu entnehmen (mt8870d.pdf)

2.5.1 Entwicklung, Anpassungen

Bei der Entwicklung der Platine für die DTMF Decodereinheit diente ein Schaltungsbeispiel der Firma Zarlink als Ausgangspunkt. Es mußten nur wenige Änderungen an der Beschaltung für die benötige Anwendung durchgeführt. Hierzu gehört zum Beispiel der Ersatz der Festwiderstandes R1 gegen einen Trimmer mit 500 KΩ Widerstand zur Anpassung des NF Eingangspegels an die Pegel der Soundkarte bzw. der Sprachmodule.
Die Ausreichend von der Firma Zarlink gelieferte Dokumentation in Form eines Datenblattes machte diese Anpassungen einfach.

Im Anfangsstadium der Entwicklung dieser Baugruppe, wurde ein anderer Baustein aus der MT88XX Familie getestet. Der MT8889C ist ein DTMF-Transceiver, welcher sowohl DTMF-Töne decodieren sowie diese aber auch erzeugen kann. Der Schaltungsaufwand schien bei der Begutachtung der Anschaltungsbeispiele ähnlich dem des reinen Receivers MT8870D zu sein. Es wurde jedoch einige Zeit mit der Programmierung der Modi des MT8889C zugebracht, da dieser nach dem Einschalten eine Initialisierungssequenz fordert, um in den jeweils richtigen Modus zu gelangen. Diese Initialisierungssequenz muß jedoch einem genauen Timeing genügen, welches bei Tests mit dem HC12 diesem nicht abgerungen werden konnte. Eine weitere Recherche bei der Firma Zarlink und das Studium der Dokumentation über die Anbindung an Mikrocontroller (anderer Hersteller bzw. Typen) ergab

[12] http://www.zarlink.com

ebenfalls keine Lösung dieses Problems. Anfragen bei Entwicklern, welche diesen Baustein ebenfalls für deren Projekte eingesetzt haben ergaben, daß die Anbindung direkt an einen Mikrocontroller vom Typ HC XX mit weiterem, schaltungstechnischem Aufwand in Form von Umsetzungen der Signale über externe Latches usw. verbunden ist. Somit wurde die Überlegung diesen Baustein zu verwenden verworfen, obwohl der Transceiver die Möglichkeit von zusätzlichen Funktionen für das Projekt geboten hätte.

2.5.2 Aufbau

Das Platinenlayout der DTMF-Decodereinheit ist so entwickelt, daß dieses, wie die anderen Module auch, ebenfalls eigenständig in anderen Anwendungen eingesetzt werden kann.
Alle Port-Pin’s des IC sind zu Anschlußbereichen geführt.
GND ist auch hier über die gesamte Platine großflächig ausgeführt um Störeinwirkungen zu minimieren.
Die Digitalpegel der Steuer- und Signalisierungsports sind high-aktiv.

Für Testzwecke ist eine Leuchtdiode, welche nicht im Schaltbild eingezeichnet ist, an den StD Port (PIN 15) angeschaltet. Mit dieser LED wird optisch signalisiert, wenn ein DTMF-Ton korrekt erkannt und decodiert wurde. Diese Signalisierung ist auch für den Abgleich des NF-Eingangspegels über den Trimmer vorteilhaft.

Der bereits erwähnte StD Port wird mit dem HC12 verbunden und dient dazu, die Abfrage des an den vier Datenleitungen anliegenden 4-Bit Codes zu aktivieren. Der genaue Ablauf dieses Erkennungs- und Übermittlungsvorgangs kann weitergehend am besten bei der Betrachtung des Programmablaufplans bzw. der im Kapitel 3. beschriebenen Funktionen erklärt werden.
Der so vohandene 4 Bit breite Bus geht an digitale Eingangsports des HC12 wie in Kapitel 2.4.5. beschrieben.

2.5.3 Besonderheiten

Der Port TOE (PIN 10) ist für die Freigabe der Ausgangsdaten auf die Ausgangsports zuständig. Er wurde entgegen der Standardbeschaltung dauerhaft direkt auf VCC (high) gelegt. Damit werden decodierte DTMF-Töne immer sofort auf die Ausgangsdatenleitungen geschaltet. Diese Einstellung spart einen Programmierschritt in der Form, daß nach der Decodierung nicht erst die Freigabe der Daten durch den HC12 erfolgen

muß, sondern das dieser die Daten im Polling-Verfahren jederzeit abfragen kann.

2.5.4 Schnittstellen zu anderen Modulen (intern)

Die DTMF Decodereinheit ist mit digitalen und einer analogen Schnittstelle ausgestattet. Diese Ports sind nachfolgend in die genannten beiden Kategorien unterteilt aufgeführt:

Digital:

Q1-Q4	Datenleitungen für die Ausgabe des decodierten DTMF-Tones als 4-Bit Sequenz
StD	Repräsentiert (mit high Pegel) ein gültig decodiertes DTMF-Tonpaar und zeigt an, daß die 4-Bit Sequenz an die Ausgangsdateinleitungen angelegt werden kann
PWR_DWN	Nicht verwendet, dient zu Aktivierung des Stromsparmodus (bei high Pegel)
INH	Nicht verwendet, dient zur Aktivierung der Codierung der DTMF-Sonderzeichen A,B,C,D (bei high Pegel)
(TOE)	Aktivierung der Freigabe (mit high Pegel) der decodierten 4-Bit Sequenz auf die Ausgangsdateinleitungen

Analog:

DTMF_INPUT	NF Eingang (Pegel über Trimmer einstellbar)

2.5.5 Verdrahtung zu anderen Baugruppen

DTMF Decodereinheit

Q1-Q4	←→	HC12 PA2-PA5
StD	←→	HC12 PA6
PWR_DWN	←→	N.C.
INH	←→	N.C.
TOE	←→	DTMF Decodereinheit VCC
DTMF_INPUT	←→	Kopplereinheit RX_NF/2

2.5.6 Alternative Einsatzbereiche der DTMF Decodereinheit

Die DTMF Decodereinheit kann aufgrund ihrer eigenständigen Platine in verschieden Bereichen eingesetzt werden. Ebenfalls ist hier als Beispiel der Einsatz in Relaisfunkstellen des Amateurfunkdienstes (Sprache, Multimode oder auch ATV) zur Erkennung von Steuerbefehlen zu nennen. Auch der Einsatz in Telefonanlagen oder anderen fern zu steuernden Telekommunikations- oder Fernwirkeinrichtungen ist denkbar.

2.5.7 Mögliche alternative Bauteile und Technologien

Als alternative Bauteile wurden bereits andere Derivate der MT88XX Familie genannt. Der MT8889C hat sich nicht für die einfache Integration in das Gesamtprojekt qualifizieren können, da die Anschaltung an den Mikrocontroller HC12 nur mit zusätzlichem hardwaremäßigem Aufwand realisierbar gewesen wäre. Es wäre sicherlich jedoch einen Versuch wert, einen anderen DTMF-Transceiver anstelle des einfachen Receivers MT8870D in die Echolink-Box zu integrieren, da somit weitere Funktionen wie Bestätigungen von DTMF-Eingaben oder codierte Nachrichten über das Gateway HF-seitig an den Benutzer versandt werden könnten.

2.5.8 Pläne

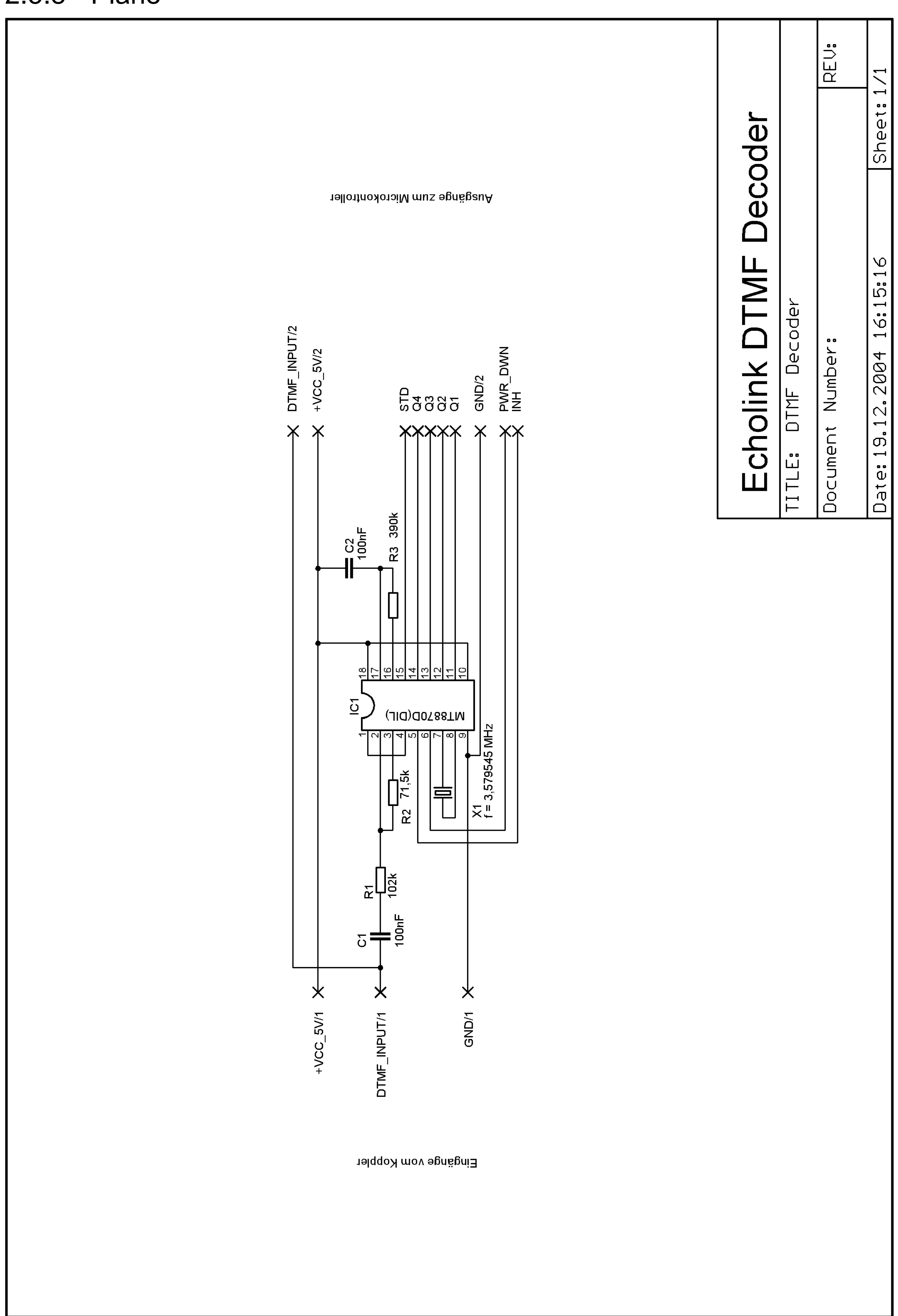


Abbildung (2.5.8. a) Schaltplan DTMF Decoder

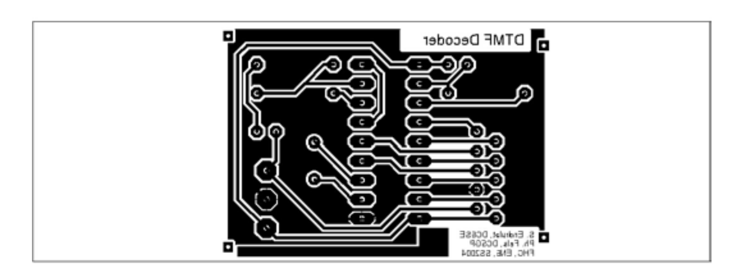


Abbildung (2.5.8. b) Layout DTMF Decoder

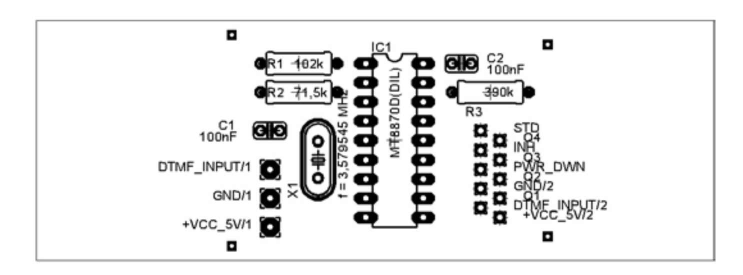


Abbildung (2.5.8. c) Bestückung DTMF Decoder

2.6 Schalteinheit

Die Schalteinheit stellt ein nicht nur layouttechnisch sondern insbesondere auch schaltungstechnisch selbst entwickeltes Modul in der Echolink-Box dar. Sie hat die Aufgabe verschiedenste Schaltaufgaben zu übernehmen. Des weiteren dient sie auch zur Konvertierung verschiedener Schaltpegel welche unter anderem von HC12 initiert werden.
In der Schalteinheit befinden sich zwei Bausteine mit jeweils vier universell bilateral einsetzbaren, elektronischen Schaltern, welche der 74HCTXXXX Familie angehören. Die beiden verwendeten 74HCT4066 zeichen sich durch sehr niedrige Durchgangswiderstände im geschalteten und eine ausreichend hohe (Übersprech-)Dämpfung im geöffneten Zustand aus.

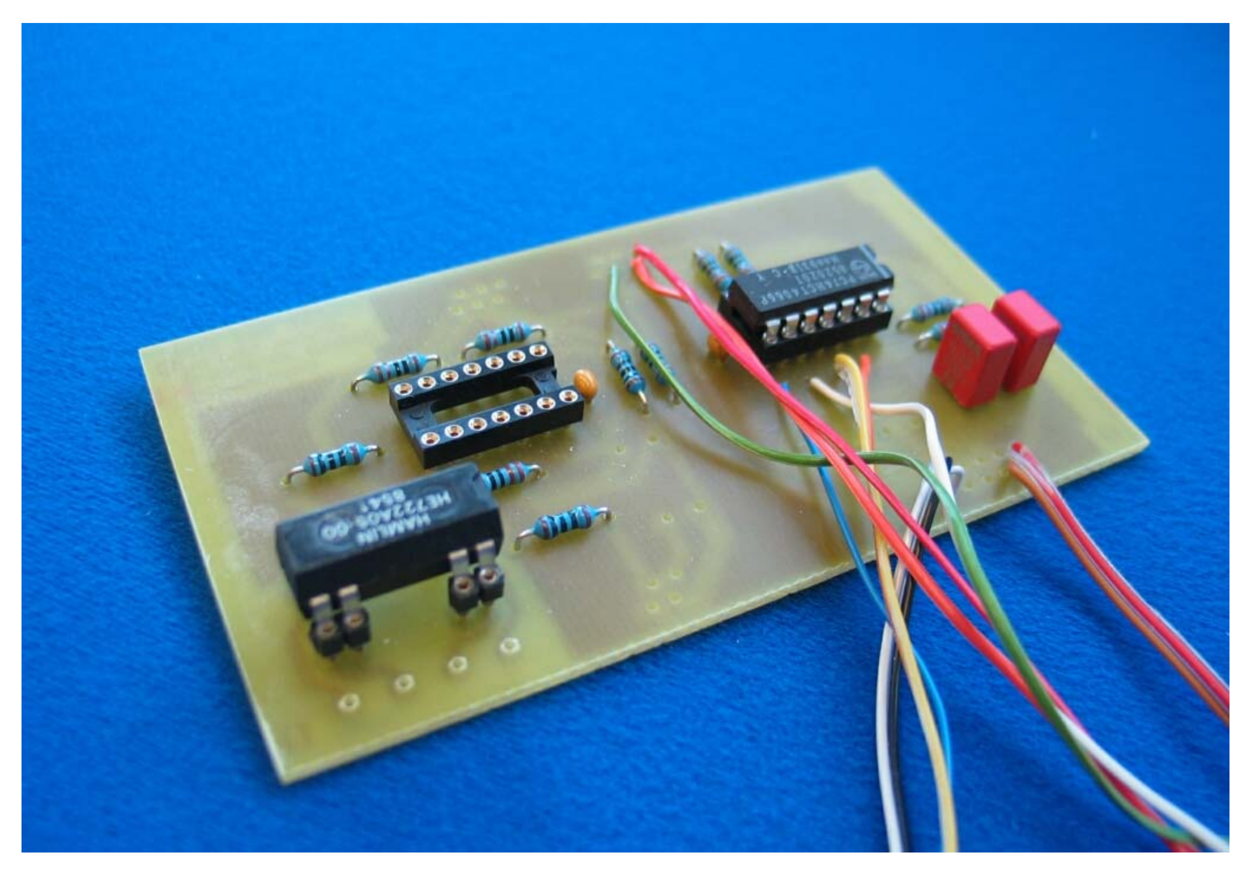


Abbildung (2.6. a): Schalteinheit

In der Echolink-Box werden diese Schalter unter anderem zum schalten der vom Funkgerät an die Soundkarte übertragenen NF verwendet. Diese muss für verschiedene Vorgänge beim Benutzen der lokalen Funktionen an- und abgeschaltet werden können. In diesem Betriebszustand ist es auch nötig, die PTT des Senders zu betätigen. Da diese unabhängig von der PTT-Steuerung durch den PC möglich sein muss, ist das Schalten über potentialfreie „Kontakte“ vorteilhaft. Diese

Bedingung erfüllen die verwendeten Bausteine, da sie sich elektrisch annährend wie herkömmliche Relais verhalten.
Die Verwendung von Relais auf dieser Schalteinheit wurde nur für die Anschaltung von externen Geräten (230V) in Betracht gezogen, da die digitalen Ausgänge des HC12 nicht genügend belastbar für eine Reihe Relais gewesen wären. Die angesprochene Ausnahme ist in der Schalteinheit mit einem Reed-Relais realisiert und bietet optional die Möglichkeit auch externe Geräte mit 230 Volt Spannungsversorgung per Software zu schalten.

Die wichtigsten technischen Spezifikationen des HCT744066 sind in der folgenden Übersicht aufgeführt:

Spannungsversorgung:	5	V DC
Durchgangswiderstand Schalter ON:	50	Ω
Durchgangssignalpegel Schalter OFF:	-50	dB
Pegel übersprechen Nebenkanal:	-60	dB
Maximaler Schaltstrom pro Schalter:	25	mA
Anzahl der Schalter:	4	Stck.
Gehäuse:	DIP 14 Pin	

Weitere, detaillierte Informationen sind dem Datenblatt der Firma Philips [13] zu entnehmen (74hct4066.pdf)

Die wichtigsten technischen Spezifikationen des Reed-Relais DIP05-1A72-51L sind in der folgenden Übersicht aufgeführt:

Spannungsversorgung:	5	V DC
Maximale Schaltleistung:	20	W
Maximale Schaltspannung:	250	V
Typische Leistungsaufn. Spule:	75	mW
Maximaler Schaltstrom Spule:	20	mA
Anzahl der Schaltkontakte:	1x	UM
Gehäuse:	kompatibel DIP 14 Pin	

Weitere, detaillierte Informationen sind dem Datenblatt der Firma Meder [14] zu entnehmen (reedrelais_dip12.pdf)

[13] http://www.semiconductors.philips.com
[14] http://www.meder.com

2.6.1 Entwicklung

Die Entwicklung der Schalteinheit basiert auf der Überlegung, daß verschiedenste, teilweise bereits angesprochene Schaltvorgänge in der Echolink-Box durchgeführt werden müssen. Da der HC12 lediglich die Möglichkeit besitzt, digitale Potentiale an den (Schalt-)Ausgängen zur Verfügung zu stellen und die analogen Ports hier nicht ohne ebenfalls zusätzlichen Aufwand z.B. das Schalten von NF ermöglichen, lag es nah, eine Art Interfaceplatine zu entwickeln. Von Heimcomputern wie den C64 o.Ä. kennt man dieses Konzept. Zur Schaltung von externen Geräten wurde dort eine sogenannte Relaiskarte eingesetzt.
Da diese Lösung, schon aufgrund der nicht sonderlich hoch belastbaren Ports des HC12 und auch wegen möglicher EMV-Einflüsse der Schaltvorgänge auf die übertragene NF nicht sinnvoll erschien, sowie zahllose, damit verbundene Transistor-Vorstufen mit unzähligen diskreten Bauteilen nicht dem Stand der Technik für die Lösung dieser Anforderung entsprechen, wurde der Fokus auf entsprechende vorhandene, integrierte Bausteine gelegt.

Der gewählte 74HCT4066 passt in das bisher bei allen Modulen verwendete Spannungspegel bzw. –versorgungs Konzept. Mit seiner geringen Durchgangsdämpfung auf dem Schaltpfad treten z.B. beim Schalten der NF keine zu grossen Verluste des Pegels auf.

Da für eine Erweiterung der Box-Funktion eventuell ein potentialfreier, externer Schaltkontakt für ein AC Niederspannungsgerät benötigt wird, wurde mit dem im Layout der Schalteinheit eingeplanten Reed-Relais diese Schaltmöglichkeit geschaffen. Es wäre zum Beispiel damit möglich den Reset des Echolink PCs über den HC12 bzw. via HF über eine DTMF Tonfolge zu betätigen. Diese Funktion ist im momentanen Softwarestand jedoch nicht berücksichtigt.

Die Schalteinheit ist von der Kapazität so ausgelegt, daß ca. die Hälfte der Schalter in der momentanen Anwendung noch unbelegt sind. Diese Dimmensionierung zielt darauf ab, die Schalteinheit, wie auch schon bei den anderen Modulen erwähnt, in anderen Anwendungen verwendbar zu machen.

Zwei Schalter (1A und 1B) sind bereits fest für bestimmte Einsatzbereiche konfiguriert. Damit kann zum Beispiel die bereits angesprochene Schaltung von NF Signalen realisiert werden. Hierbei sind Koppelkondensatoren eingesetzt, um die Module gegeneinander gleichspannungsmäßig zu entkoppeln. Bei anderen Schaltern sind

bereits feste Potentiale wie VCC (high, Schalter 2C) bzw. GND (low, Schalter 2B), welche angeschaltet werden können, definiert.
Ein Schalter (2D) wird bereits fest für die Anschaltung des beschriebenen Reed-Relais verwendet, um den entsprechenden HC12-Port zu schützen.

Die noch verbleibenden Schalter (1C, 1D, 2A) sind frei mit diskreten Bauteilen bestückbar. Dazu sind im Platinenlayout entsprechende Positionen vorgesehen. In dieser Anwendung werden sie für die Schaltung der PTT bzw. einer Resetfunktion für den HC12 benutzt. Diese Funktionen werden im nachfolgenden Kapitel ausführlich beschrieben.

2.6.2 Aufbau

Auch bei diesem Modul ist das Platinenlayout so designed, dass die Schalteinheit, ebenfalls eigenständig in anderen Anwendungen eingesetzt werden kann.
Alle Steuereingänge der Schalter sind zu Anschlussbereichen geführt. Dort können sie über einen Bus an den HC12 angeschaltet werden.

GND ist bei dieser Platine über die gesamte Platine großflächig ausgeführt um die Wirkung eventuell einkoppelnder Felder zu minimieren, welche ungewollte Schaltvorgänge auslösen können.

Die Digitalpegel der Steuerports sind highaktiv.

Der Spule des Reed-Relais ist eine Freilaufdiode parallel geschaltet, um entstehende Peaks beim Abfallen des Relais kurz zu schließen.

In den Schaltpfaden für die digitalen Signale sind zusätzlich Widerstände (R9, R10) an den Ausgängen eingefügt, um bei Kurzschlüssen zu verhindern, dass der 74HCT4066 zerstört wird. Auch sind alle Steuereingänge der Schalter sind mit entsprechenden Widerständen ausgestattet.

In dieser Anwendung wird neben der NF Ein- und Ausschaltung speziell auch die PTT bzw. der Reset mit der Schalteinheit betätigt. Dazu ist der Schaltkontakt des Schalters 1D auf der einen Seite (SW_D1/1) mit der Masse der Kopplereinheit verbunden. Auf der anderen Seite (SW_D1/3) ist der PTT Port (funkgeräteseitig) angeschlossen. Sobald der HC12 softwaremäßig gesteuert ein high an den CONTR_D1 legt, schaltet der

Schalter 1D die Masse der Kopplereinheit auf dessen PTT-Port. Dadurch wird die PTT betätigt.
Ähnlich verhält es sich beim Schalten des Resets für den HC12.
Eine Seite (SW_C1/1) des Schaltkontaktes des Schalters 1C ist mit dem Optokoppler OK5 (PIN 2) auf der Kopplereinheit verbunden. Die zweite Seite (SW_C1/3) ist an den Resetanschluss des HC12 (PIN 32) angeschaltet. Sobald der PC, veranlasst durch eine aus dem Internet aktivierte Verbindung, die PTT betätigt, wird (durch das Durchschalten des Treibertransistors T2) Masse an den HC12 RESET(NOT) (PIN 32) angelegt. Dadurch wird die Programmausführung beendet und der HC12 in den Ursprungszustand versetzt. Somit ist er nun wieder bereit für die Eingabe von DTMF (*), sobald die Verbindung aus dem Internet beendet ist. Von der Software wird über den CONTR_C1 die Ausführung des Resets überwacht und nur zugelassen, wenn die lokale Benutzerebene aufgerufen wurde.

Der Schalter 1A hingegen ermöglicht das ein- und ausschalten der NF vom Funkgerät über die Kopplereinheit an den PC (Soundkarte). Direkt nach der Initialisierung der HC12 Ports liegt der mit dem Port CONTR_A1 verbundene PA7 des HC12 auf high. Dies hat zur Folge, daß die NF ungehindert vom Funkgerät zum PC durchgeleitet wird. Die Software Echolink for PC kann somit die vom Benutzer ausgesendeten DTMF-Töne in normaler Weise auswerten.
Sobald der Benutzer den DTMF-Ton Stern (*) zum Erreichen der lokalen Funktionen übermittelt, wird der PA7 low (der Schalter 1A geöffnet) und somit die NF nicht weiter an den PC durchgeschleift.
Dies ist nötig, damit die auf dem PC laufende Software nach erreichen der lokalen Funktionsebene nicht weiter die vom Benutzer ausgesendeten DTMF Töne interpretiert. Dies hätte zur Folge, daß die Programmausführung im HC12 (in Form eines ausgelösten Resets) abgebrochen wird.

2.6.3 Besonderheiten

Zur Vermeidung undefinierter Zustände, speziell nach dem Einschalten der Versorgungsspannung an den HC12, wurde zusätzlich an den SW_C1/1 Schaltkontakt ein Pullupwiderstand und an den CONTR_D1 Steuereingang ein Pulldownwiderstand angeschaltet.

2.6.4 Schnittstellen zu anderen Modulen (intern)

Die Schalteinheit ist mit analogen und digitalen Schnittstellen ausgestattet. Diese Ports sind nachfolgend in die genannten beiden Kategorien unterteilt aufgeführt:

Digital:

CONTR_ A1-D2	Steuereingänge für die einzelnen Schalter (Schalter ON bei high am Eingang)
SW_ C1/1-D1/2	Schaltkontakte der einzelnen Schalter (digital)
SW_B2/2	Schaltkontakt mit vordefiniertem Pegel (high)
SW_C2/2	Schaltkontakt mit vordefiniertem Pegel (low)
SW_B2/2	Schaltkontakt mit vordefiniertem Pegel (high)

Analog:

SW_ A/1-B1/2	Schaltkontakt der einzelnen Schalter (analog)
SW_ A2/1.1-2.2	Schaltkontakte des Relais

2.6.5 Verdrahtung zur anderen Baugruppen

SW_A1/1	←→	Kopplereinheit JP1/1
SW_A1/2	←→	Kopplereinheit JP1/2
SW_B1/1	←→	N.C.
SW_B1/2	←→	N.C.
SW_C1/1	←→	Kopplereinheit OK5 PIN 2
SW_C1/3	←→	HC12 PIN 32 (RESET)
SW_D1/1	←→	Kopplereinheit GND (FUG)

SW_D1/3 ←→ Kopplereinheit FUG>GND/2

SW_B2/2 ←→ N.C.

SW_C2/2 ←→ N.C.

SW_D2/1 ←→ N.C.

SW_D2/2 ←→ N.C.

SW_A2/1.1-2.2 ←→ N.C. (Funktion nicht implementiert)

CONTR_A1 ←→ HC12 PA7

CONTR_B1 ←→ N.C.

CONTR_C1 ←→ HC12 PE5

CONTR_D1 ←→ HC12 PA0

CONTR_A2 ←→ N.C.

CONTR_B2 ←→ N.C.

CONTR_C2 ←→ N.C.

CONTR_D2 ←→ N.C. (Funktion nicht implementiert)

2.6.6 Alternative Einsatzbereiche der Schalteinheit

Die Schalteinheit kann für alle Arten von Schaltvorgängen benutzt werden. Es ist dabei unerheblich ob analoge oder digitale Signale geschaltet werden sollen, die Belegung von drei Schalten kann frei gewählt werden. Somit eignet sich dieses Modul für die Um- oder Zusammenschaltung von Audiosignalen wie auch in gleichem Maße zur Umschaltung von Signalen mit digitalen Zuständen. Tests für die Umschaltung von FSK codierten Basisbandsignalen mit diesem Modul bei der Betriebsart Packet-Radio bzw. SSTV waren bereits erfolgreich.

2.6.7 Mögliche alternative Bauteile und Technologien

Das Plantinenlayout kann auch ohne Modifikationen für die Bestückung mit C-MOS Bausteinen der CD 40XX Serie verwendet werden. Bei der Bestückung mit dem CD4066 (ebenfalls 4 bilaterale, elektronische Schalter) ist z.B. die Schnelligkeit der CMOS Bausteine nutzbar. Diese Bausteine sind pinkompatibel zur 74HCTXXXX Serie.

2.6.8 Pläne

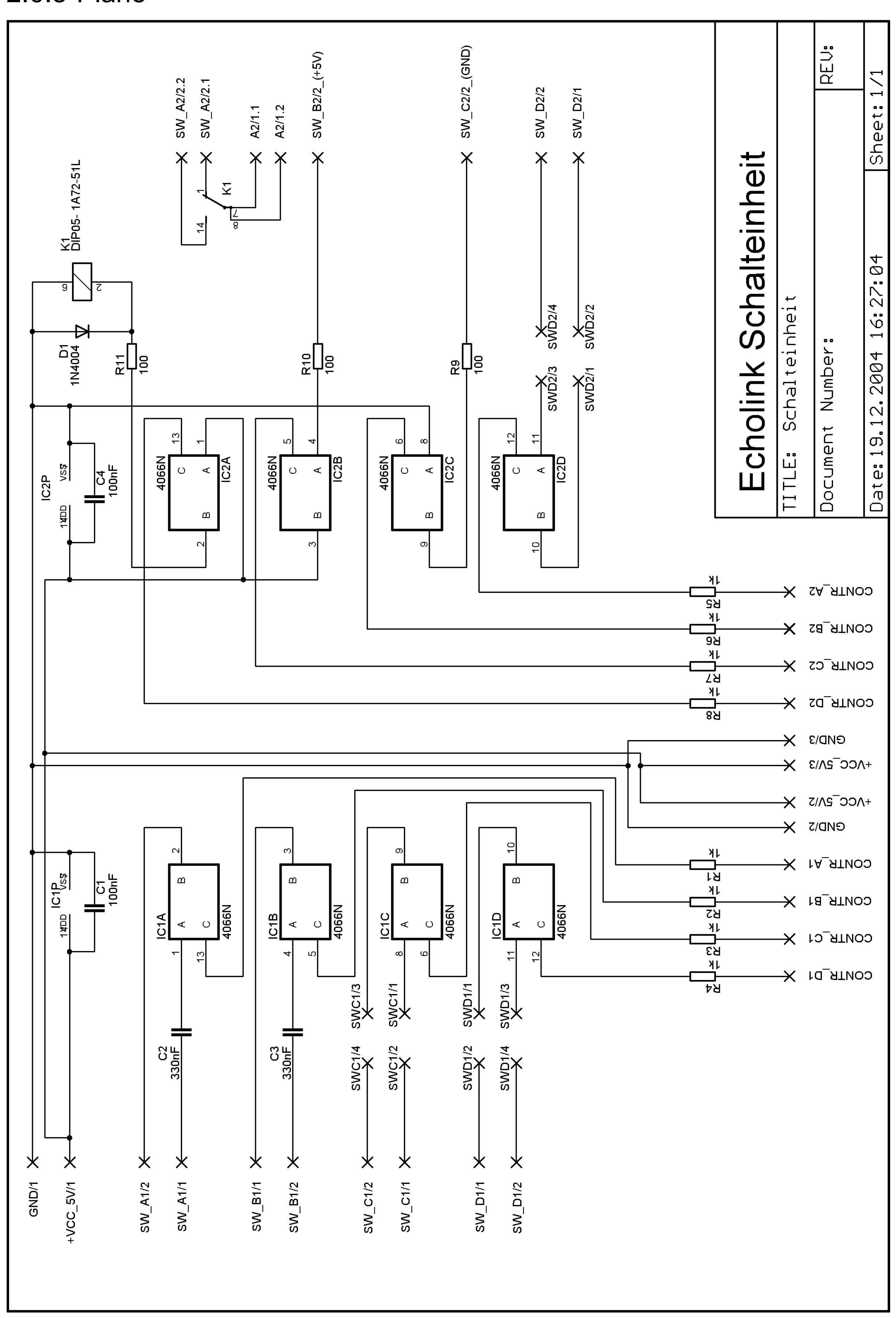


Abbildung (2.6.8. a): Schaltplan Schalteinheit

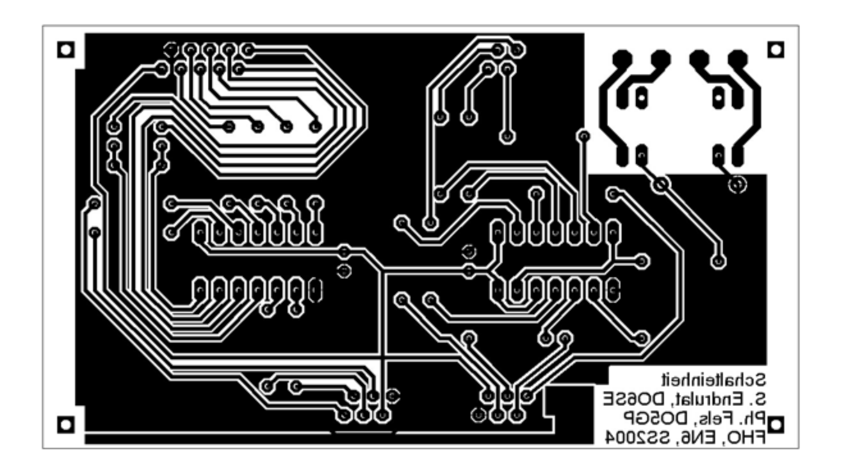


Abbildung (2.6.8. b): Layout Schalteinheit

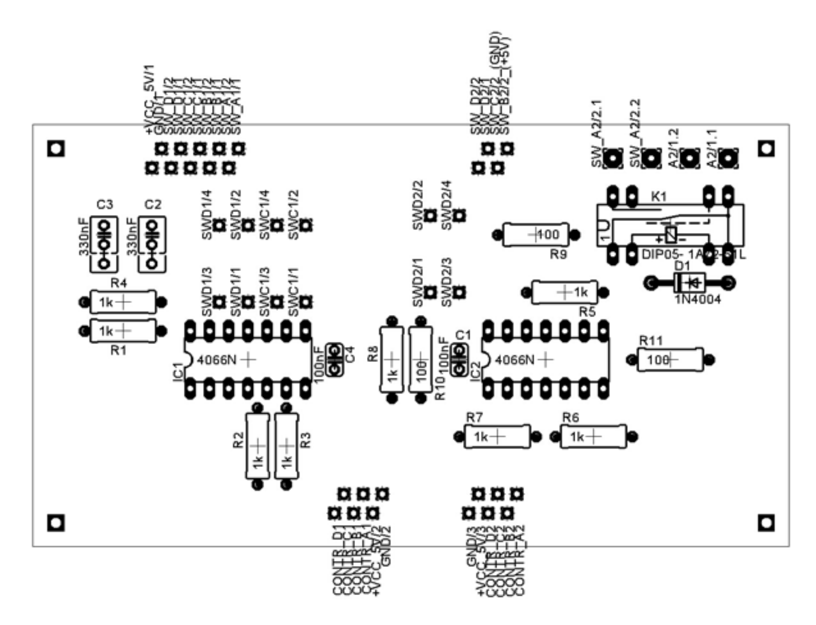


Abbildung (2.6.8. c): Bestückung Schalteinheit

3 Softwareentwicklung

Die Software für die Prozessor – Einheit mit dem HC12 ist in Assembler geschrieben und strukturiert gegliedert. Sie wurde mit dem Entwicklungsprogramm IASM12 erstellt. Die SW-Entwicklung hat sich an den Richtlinien für die Programmierung von Motorola Mikrocontrollern orientiert.
Da das Programm so einfach und übersichlich wie möglich gehalten werden sollte, sind sämtliche mehrfach auszuführende Funktionen als Subroutinen mit Aufruf aus dem Hauptprogramm ausgeführt. Teilweise rufen die Subroutinen selbst auch wieder andere Funktionen auf. Die Folge hiervon ist unter anderem, daß der Speicherbedarf für das gesamte Programm unter 1 KByte geblieben ist. Dies war für die praktische Testphase der kompletten Box sehr von Vorteil, da das Programm einfach in den 1 KByte großen RAM des HC12 geladen werden konnte und somit schnelle Änderungen durchgeführt und die Auswirkungen dieser auf den Programmablauf gut gestestet werden konnten.
Daraus resultierte ebenfalls, daß das EVB-Programm, welches im Rahmen der Laborversuche im Mikroprozessor Labor auf die HC12 Prozessoren aufgespielt worden war, weiterhin für Tests im Speicher auf diesem zur Verfügung gestanden hat.
In der Definitionsphase der SW-Entwicklung stand zur Diskussion, die Programmierung der Software in der Programmiersprache C mit einer entsprechenden Entwicklungsumgebung durchzuführen. Diese Überlegungen sind jedoch aufgrund der zuvor genannten Gründe und der Tatsache, daß z.B. keine Ausgaben vom HC12 an den Benutzer in Form von Klartextanzeigen auf einem PC usw. von Nöten gewesen sind, verworfen worden. Es handelt sich bei der Prozessor – Einheit um ein klassisches Embedded-System, was zudem die Programmierung in Assembler rechtfertigt.

3.1 Anforderungen

Wie im nachfolgenden Programmablaufplan dargestellt, muss die Software die Steuerung von zahlreichen Ports für die Adressierung bzw. Steuerung von Eingängen und die Aufnahme von eingehenden Informationen in Form von digitalen Signalen anderer Module übernehmen und deren Zustände bewerten. Es ist ebenfalls notwendig, daß die Ausführung des Programmes jederzeit unterbrochen werden kann. Diese Funktion wurde jedoch, da sich die Autoren nicht eingehend mit der Programmierung von Interruptroutinen beschäftigen konnten, in Form eines Resets des HC12 und dem damit zusammenhängenden,

automatischen Neustart der Software gelöst. Die geforderte Funktionalität ist somit hardwaremäßig vorhanden. Dies hat zusätlich den Vorteil, daß die in einer späteren Softwareversion angedachte Funktion des Resets der Echolink-Box via authentifizierter Eingabe durch eine entsprechende DTMF-Tonfolge, ausgeführt werden kann. Über eine rein softwaremäßige Lösung wäre dieser „Hardreset“ nur schwierig möglich.
Eine weitere Anforderung lag in der Fähigkeit der Software, nach einem Reset direkt ausgeführt zu werden. Dies wurde dadurch gelöst, daß zu Beginn der Programmausführung alle Ports auf definierte Zustände gesetzt werden. Die Software wurde nach Fertigstellung der lauffähigen Version in den Flash-EEPROM-Speicherbereich des HC12 geladen und der Bootloader entsprechend so verändert, daß die Software aus dem Speicherbereich ab 8000 hex nach einem Reset neu starten kann.

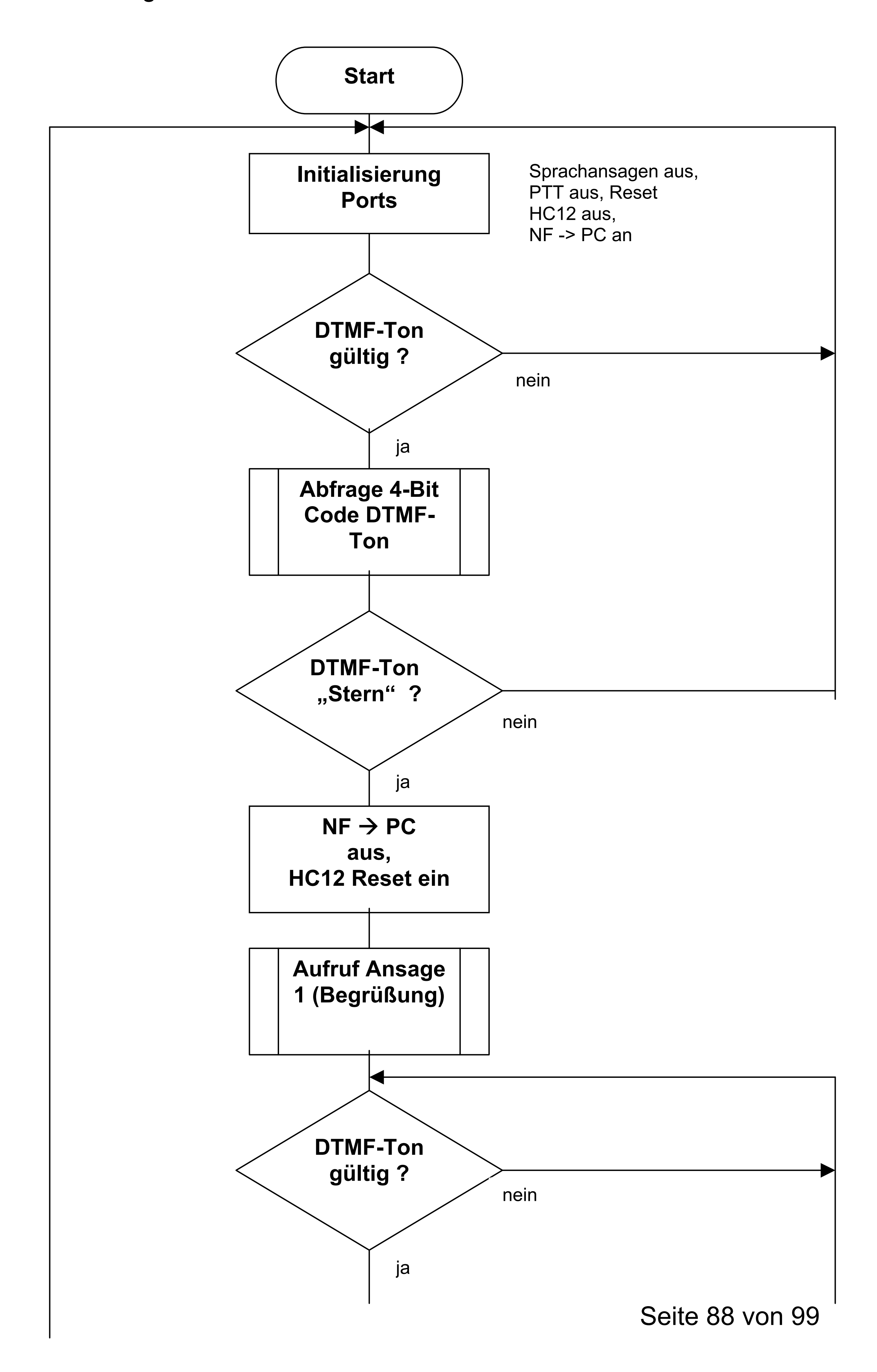
3.2 Programmfunktion

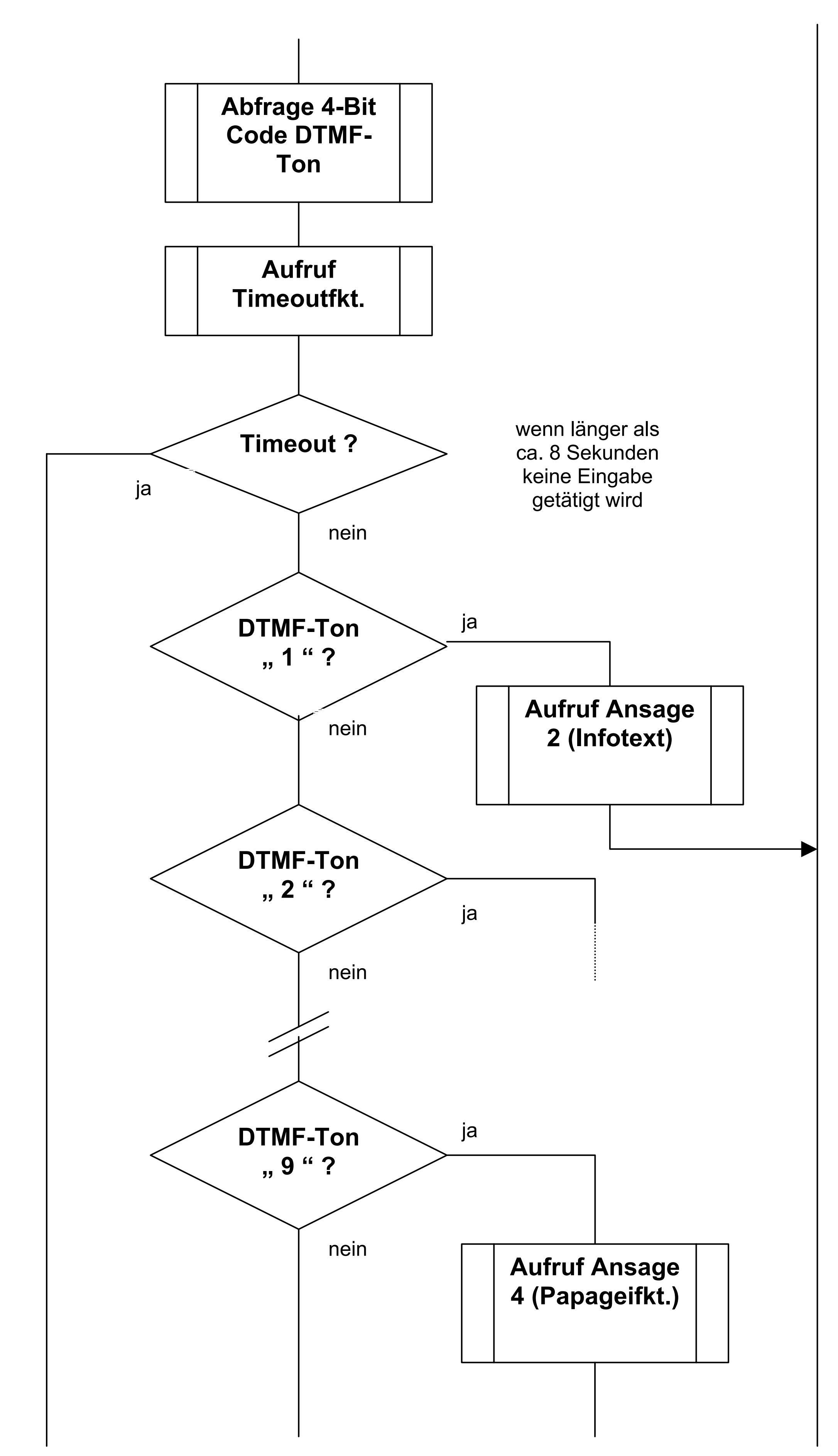
Nach Start des Programmes (anschalten der Versorungsspannung oder einem Reset) wird der im HC12 intergrierte Watchdog ausgeschaltet. Da eine zuverlässige Funktion der Echolink-Box gefordert ist, wurde die Watchdog Überwachung ausgeschaltet, da das Abfangen dieser Funktion in der Programmierung sehr aufwändig gewesen wäre.
Nach Initialisierung der verwendeten Ports im Bezug auf Ein- oder Ausgangsfunktion, werden diese so in die Anfangszustände versetzt, das die damit verbundenen Module verwendet werden können. Insbesondere die Durchschaltung der NF vom Funkgerät zum PC (Soundkarte) wird beim Setzen dieser Einstellungen aktiviert.
Im nun vorhandenen Wartezustand fragt die Software kontinuierlich den Port PA6 ab und wartet auf eine, vom DTMF Decoder aufgrund eines dort eintrefenden, gültigen DTMF-Tones angelegte „0“ an diesem Port. Sobald dieses Signal anliegt, werden die Binärdaten vom DTMF Decoder abgefragt und in den Akkumulator A eingelesen. Über die Maskierung dieser Binärzahl lassen sich Bits, welche durch andere, dem Gesamtport A zugehörige Eingänge erzeugt wurden, ausblenden.
Nach Vergleich der eingelesenen, maskierten Binärzahl mit der Bitfolge, welche das DTMF-Symbol Stern (*) repräsentiert, wird entschieden, ob es sich um die geforderten Daten handelt.
Sollte dies der Fall sein wird die Durchleitung der NF an die Soundkarte des PCs unterbrochen und die Aktivierung Resetfunktion durchgeführt.
Wurde ein Stern erkannt, wird als nächstes die Eingabe einer weiteren DTMF-Zahl erwartet, wenn nicht wird erneut auf die Eingabe des DTMF-Symbols Stern (*) gewartet

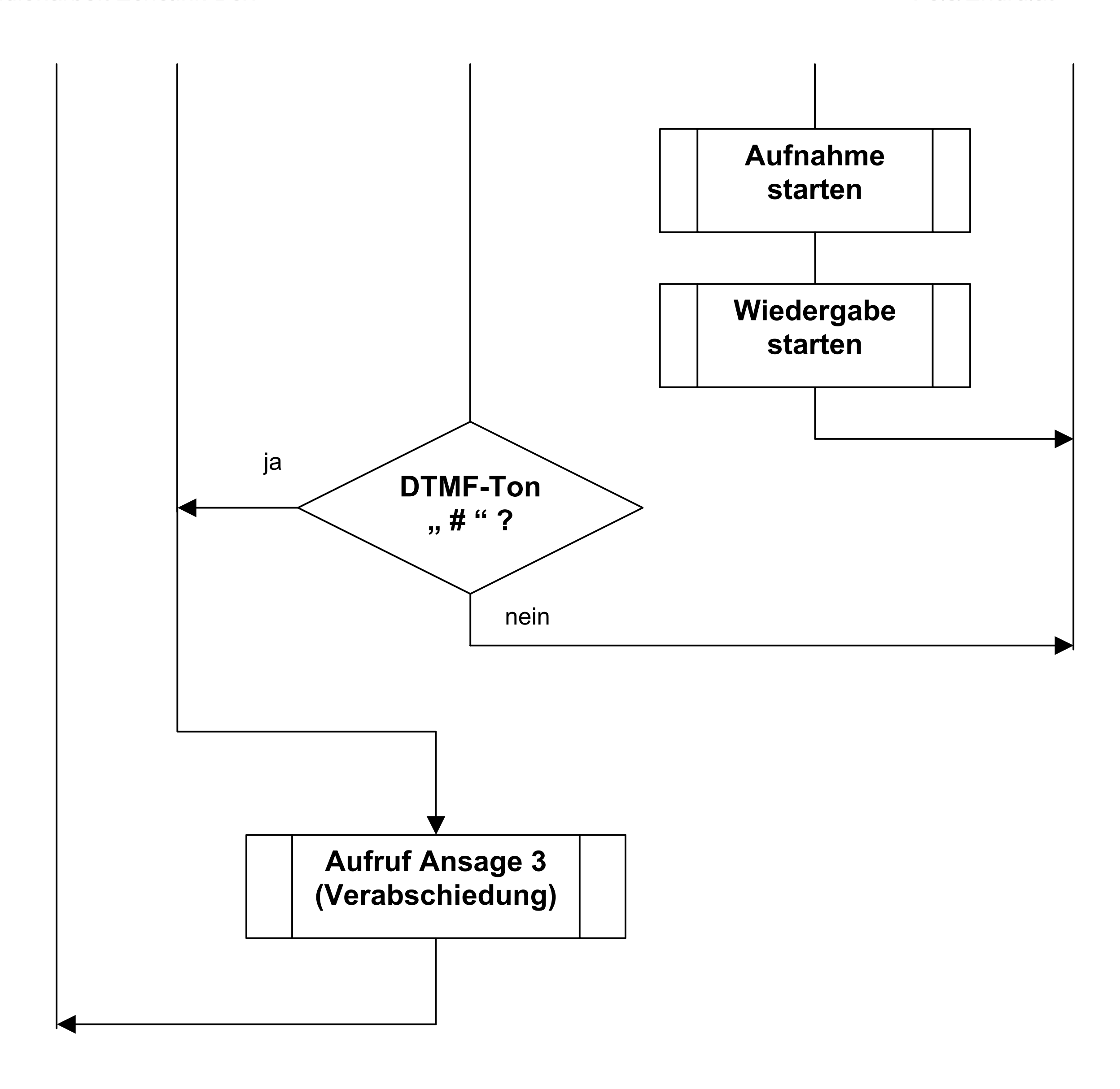
Durch Vergleich mit vorgegebenen Möglichkeiten wird dann ermittelt, um welche DTMF-Zahl es sich handelt und die entsprechende Unterroutine in Form einer Sprachansage aufgerufen. Sollte innerhalb einer Zeitspanne von ca. 10 Sekunden nach dem ersten Feststellen einer gültigen DTMF Eingabe (in Form des Sternes (*)) keine weitere Eingabe getätigt werden, wird die Unterroutine für die Sprachausgabe der Verabschiedung aufgerufen und ausgeführt. Dies ist ebenfalls der Fall, wenn das DTMF-Symbol Raute (#) vom Benutzer eingegeben wird.
Bei Eingabe der DTMF-Ziffer 1 wird der Infotext an den Benutzer ausgegeben, die Ziffer 9 aktiviert die Papageifunktion.

Nach Aufruf der beschriebenen Subroutinen für die Ausgabe der Sprachansage, werden in jedem Fall die Funktionen für die Betätigung der PTT und die Abfrage für die EOM-Information aktiviert. Somit ist sichergestellt, daß für zukünftige Veränderungen in den Ansagen der einzelnen Menüpunkte oder bei deren Inhalt keine Anpassungen in Form von Längendefinitionen dieser in der Software durchgeführt werden müssen. Es erfolgt quasi eine automatische Feststellung der jeweiligen Länge und damit auch die exakte Deaktivierung der PTT Funktion am Ende der Ausgabe zum schnellstmöglichen erreichen der erneuten Empfangsbereitschaft. Diese Funktionsabläufe sind gemeinsam in einer entsprechenden Subroutine abgelegt, welche von allen Programmabschnitten bei Bedarf aufgerufen wird.

3.3 Ablaufdiagramm




Abfrage 4-Bit Code DTMF-Ton
Aufruf Timeoutfkt.
Timeout ?
ja
nein
wenn länger als ca. 8 Sekunden keine Eingabe getätigt wird
DTMF-Ton „ 1 “ ?
ja
nein
Aufruf Ansage 2 (Infotext)
DTMF-Ton „ 2 “ ?
ja
nein
DTMF-Ton „ 9 “ ?
ja
nein
Aufruf Ansage 4 (Papageifkt.)


Aufnahme starten
Wiedergabe starten
ja
DTMF-Ton „ # “ ?
nein
Aufruf Ansage 3 (Verabschiedung)

3.4 Listing

```
********************************
*
* Programm: Echolink-Box Software HC12
*
* Version: V1.0
*
* Dateiname: elsw_v10.asm
*
* Autoren: Sascha Endrulat & Philipp Fels
*
********************************

          ORG  $8000
          MOVB #$0,$16              ;Watchdog aus

          MOVB #$83,$2              ;Port A init auf 0,1,7 Out, 2-6 In
          MOVB #$FC,$3              ;Port B init auf 0,1 In, 2-7 Out
          MOVB #$EC,$9              ;Port E init auf 0,1,4 In, 2-3,5-7 Out
          NOP


start     MOVB #$0C,$8              ;init Voice2, Aufnahme off, Reset off
          MOVB #$82,$0              ;init Voice off, PTT off, PC in NF on
          LDAA $0                   ;Check dtmfvalid
          ANDA #$40                 ;Port PA6
          CMPA #$40
          BNE start

start1    LDAA $0                   ;Port A in Akku A laden
          ANDA #$3C                 ;Maskierung DTMF Input
          CMPA #$2C                 ;Vergleich mit DTMF "*"
          BEQ start2                ;Springe nach start2 wenn "*"
          BNE start


start2    MOVB #$2,$0               ;PC in NF off
          LDX #$15                  ;Setupzeit
warten0   LDY #$FFFF
warten0a  DBNE Y,warten0a
          DBNE X,warten0
          MOVB #$2C,$8              ;Reset HC12 enable (bei PC PTT)
                                    ;
          BSR ansage1               ;Aufruf Ansage (hier Adresse #$0)


dtmfsw    BSR dtmfvalid             ;Aufruf DTMF "valid"
          LDAA $0                   ;Port A in Akku A laden
          ANDA #$3C                 ;Maskierung DTMF Input
          CMPA #$4                  ;Vergleich mit DTMF "1"
          BEQ dtmf1

         ; CMPA #$8                 ;Vergleich mit DTMF "2"
         ; BEQ dtmf2                ;hier weitere Menuepunkte einfuegen

          CMPA #$24                 ;Vergleich mit DTMF "9"
          BEQ dtmf9                 ;Sprung nach DTMF "9"

          CMPA #$30                 ;Vergleich mit DTMF "#"
          BEQ raute                 ;Sprung nach DTMF "Raute"
```

```
          BNE dtmfsw


dtmf1     BSR ansage2                ;Aufruf Menuepunkt 1, Ansage 2
          BSR dtmfsw

dtmf9     BSR ansage4                ;Aufruf Ansage 4
          NOP
          NOP
          NOP
          NOP
          BSR aufnahme               ;Aufnahme aufrufen
          NOP
          NOP
          NOP
          NOP
          BSR wiederg                ;Aufruf Wiedergabe
          BSR dtmfsw                 ;R□cksprung DTMF Entscheidung

raute     BSR ansage3                ;Aufruf Ende des Menues, Ansage3
          BSR start



;Subroutinen

dtmfvalid LDX #$FFFF
          LDY #$50
timeout1  LDAA $0
          ANDA #$40                  ;Maskierung DTMF Input valid
          CMPA #$40                  ;Vergleich mit DTMF "valid"
          DBNE X,dtmfvunt1           ;Routine f□r Timeout (8 sec.)
          DBEQ Y,raute               ;Sprung nach Raute bei Timeout

dtmfvunt1 BNE timeout1
          RTS

ansage1   MOVB #$FF,$1  ;Port B auf Voiceadr. #$FF setzen (Ansage 1,Modul1)
          BSR ansage
          RTS

ansage2   MOVB #$0,$1   ;Port B auf Voiceadr. #$0 setzen (Ansage 2,Modul1)
          BSR ansage
          RTS

ansage3   MOVB #$D0,$1  ;Port B auf Voiceadr. #$D0 setzen (Ansage 3,Modul1)
          BSR ansage
          RTS

aufnahme  MOVB #$E4,$8               ;Start Aufnahme
          NOP
          NOP
          BSR wartesch2              ;Warteschleife 10 sec.
          NOP
          NOP
          MOVB #$EC,$8               ;Stop Aufnahme
          RTS

ansage4   MOVB #$2C,$8               ;Adress. Port E Start bei $0
                                     ;Ansage1, Modul2 (Papagaifkt.) Ansage
          BSR wartesch3              ;Kurzes Warten vor Ansage

unter4    BSR v2onpon                ;Ansage1,Modul2 aufrufen, PTT on
```

```
           BCLR $1,$FE                ;Port PB0, Check Ansage Ende
           BNE unter4
           NOP
           BSR v2offpoff              ;Ansage1,Modul2 stop, PTT off
           RTS

wiederg    BSR v1offpoff              ;Wiedergaberoutine Papagaifkt.

wartesch6 LDX #$50                    ;Warteschleife f□r Setupzeit
warten6    BSR warten
           DBNE X,warten6
           MOVB #$3,$0                ;PTT on
           MOVB #$E8,$8               ;Start Wiedergabe

unter6     BCLR $1,$FE                ;Port PB0, Check Ansage Ende
           BNE unter6
           MOVB #$EC,$8               ;Stop Wiedergabe
           NOP
           BSR v2offpoff              ;Wiedergabe off, PTT off
           NOP
           RTS


ansage     NOP                        ;Ansageroutine und PTT Betaetigung
wartesch1 LDX #10                     ;aeussere Warteschleife
warten1    BSR warten
           DBNE X,warten1
           BSR v1onpon                ;Aufruf Voice1 on, PTT on

start4     BCLR $1,$FD                ;Port PB1, Check Ansage Ende
           BNE start4
           NOP
           BSR v1offpoff              ;Aufruf Voice1 off, PTT off
           RTS

start5     BSR v2onpon                ;Voice2 on, PTT on
           BCLR $1,$FE                ;Port PB0, Check Ansage Ende
           BNE start5

wartesch2 LDX #180                    ;Aufnahme 10sec
warten2    BSR warten
           DBNE X,warten2
           RTS

wartesch3 LDX #15
warten3    BSR warten
           DBNE X,warten3
           RTS

warten     LDY #$FFFF                 ;innere Schleife
warten9    DBNE Y,warten9
           RTS

v1onpon    MOVB #$1,$0            ;Port A auf #$1 setzen (Voice1 on,PTT on)
           RTS

v2onpon    MOVB #$3,$0           ;Port A auf #$3 setzen (Voice1 off, PTT on)
           MOVB #$28,$8
           NOP
           NOP
           RTS

v1offpoff MOVB #$2,$0           ;Port A auf #$2 setzen (Voice1 off,PTT off)
```

```
          RTS

v2offpoff BSR v1offpoff        ;Port A setzen (Voice1 off,PTT off)
          MOVB #$EC,$8         ;Port E setzen (Voice2 off)
          RTS

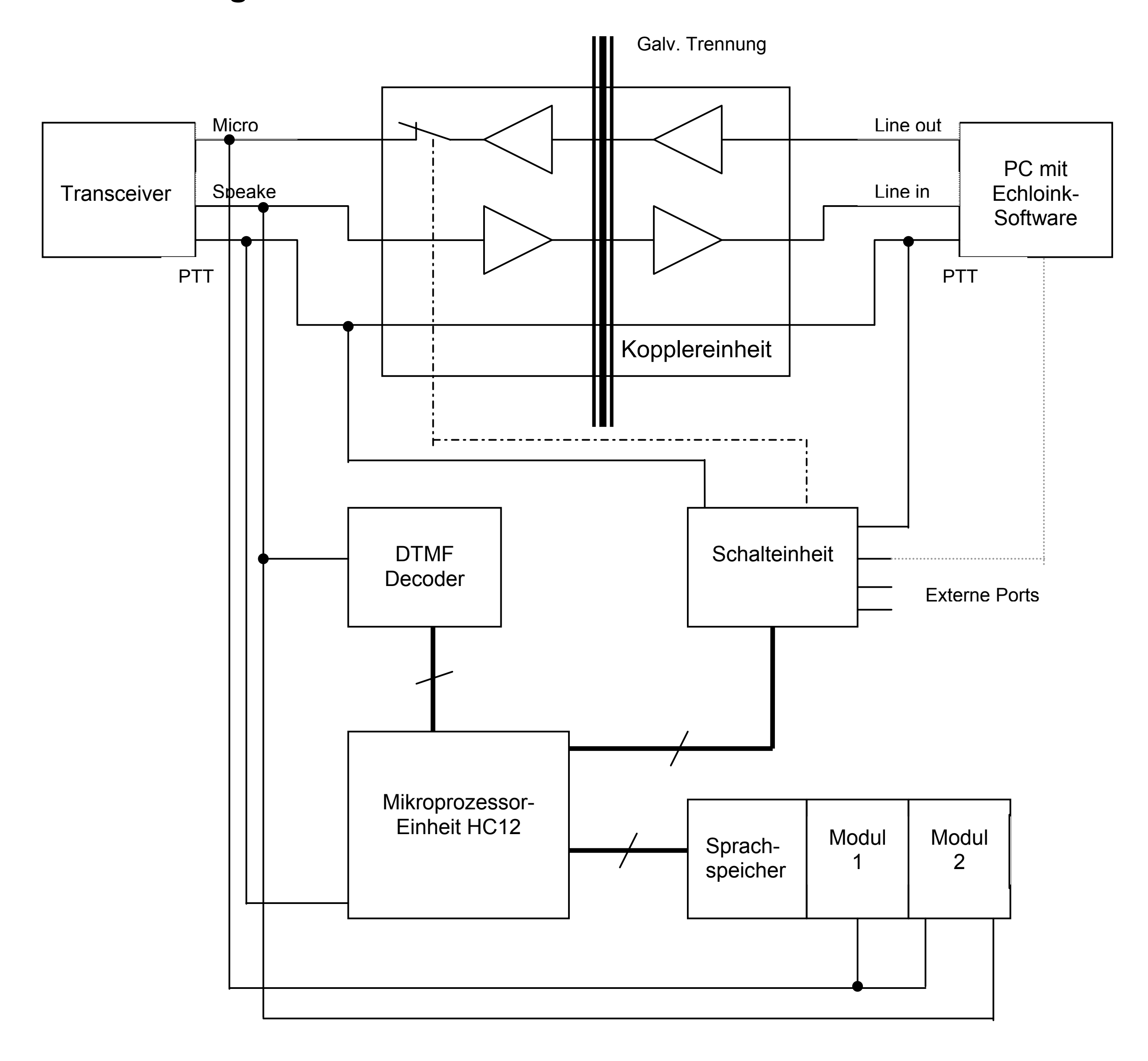
; Bemerkung:
; Nachfolgender Eintrag in die compilierte Datei .S19 ist notwendig, um
; die Software nach dem Schreiben in den Flash-EEPRROM-Bereich (ab $8000)
; automatisch starten zu lassen

; S105F7FE800085
```

3.5 Zukünftige Erweiterungen

Wie im Listing und auch im Ablaufdiagramm angedeutet, besteht jederzeit durch einfache Erweiterung des Programmes gekennzeichneten Stellen die Möglichkeit, neue Menüpunkte bzw. weitere Unterstrukturen zu realisieren. Diese Erweiterung ist in der momentanen, hardwaremässigen Konfiguration jedoch schwierig, da die Spachspeicherkapazität mit den momentanen Funktionen ausgeschöpft ist. Bei Erweiterung dieser Kapazität steht der Expansion der Funktionalität aber nichts im Wege.
Eine Erweiterung der Funktionen auf freie, bisher unbelegte Ports des HC12 wie z.B. die Ansteuerung des auf der Schalteinheit vorhandenen Reed-Relais, ist durch den strukturierten Aufbau des Programmes ebenfalls möglich. Meist können dafür bereits vorhandene Programmteile kopiert und entsprechend abgeändert werden.

4 Blockdiagramm



5 Website

Die Aufgabenstellung beinhaltete, daß eine Benutzerwebsite erstellt werden soll. Diese vorsorgt die Echolink-Gateway Benutzer mit Informationen über technische Eigenschaften sowie die Funktionalität und gibt Hilfestellungen zur Bedienung des Gateways.

Die Seiten wurden in HTML 3.2 unter Verwendung von Frames, Javascript und Stylesheets (.css) mit dem HTML-Editor AOLpress 2.0 erstellt. Die Websites sind so optimiert, daß sie sowohl mit dem Internet Explorer ab Version 3.X, dem Netscape Navigator ab Version 4.X und dem Mozilla ab Version 1.4 optimal dargestellt werden.
Erforderlich ist jedoch für die Nutzung der vollen Funktionalität, daß der Benutzer im Browser die Ausführung von Javascript erlaubt. Dies ist auch deshalb wichtig, da die Website eine Funktion beinhaltet, welche die eingestellte Bildschirmauflösung abfragt und die Darstellung automatisch darauf anpaßt. Dazu war es nötig alle Websites dreifach auszuführen um Auflösungen 640x480, 1024x768 und 1280x1024 Pixel abfangen zu können. Dieser Aufwand ist zwar kontraproduktiv im Bezug auf spätere Änderungen, da diese jeweils auch dreifach durchgeführt werden müssen, jedoch stand die Forderung der optimalen Darstellung der Seiten im Vordergrund, zumal es sich beim Inhalt grösstenteils um „statische“ Daten, die Änderungen voraussichtlich nicht allzu häufig von Nöten machen dürften, handelt.

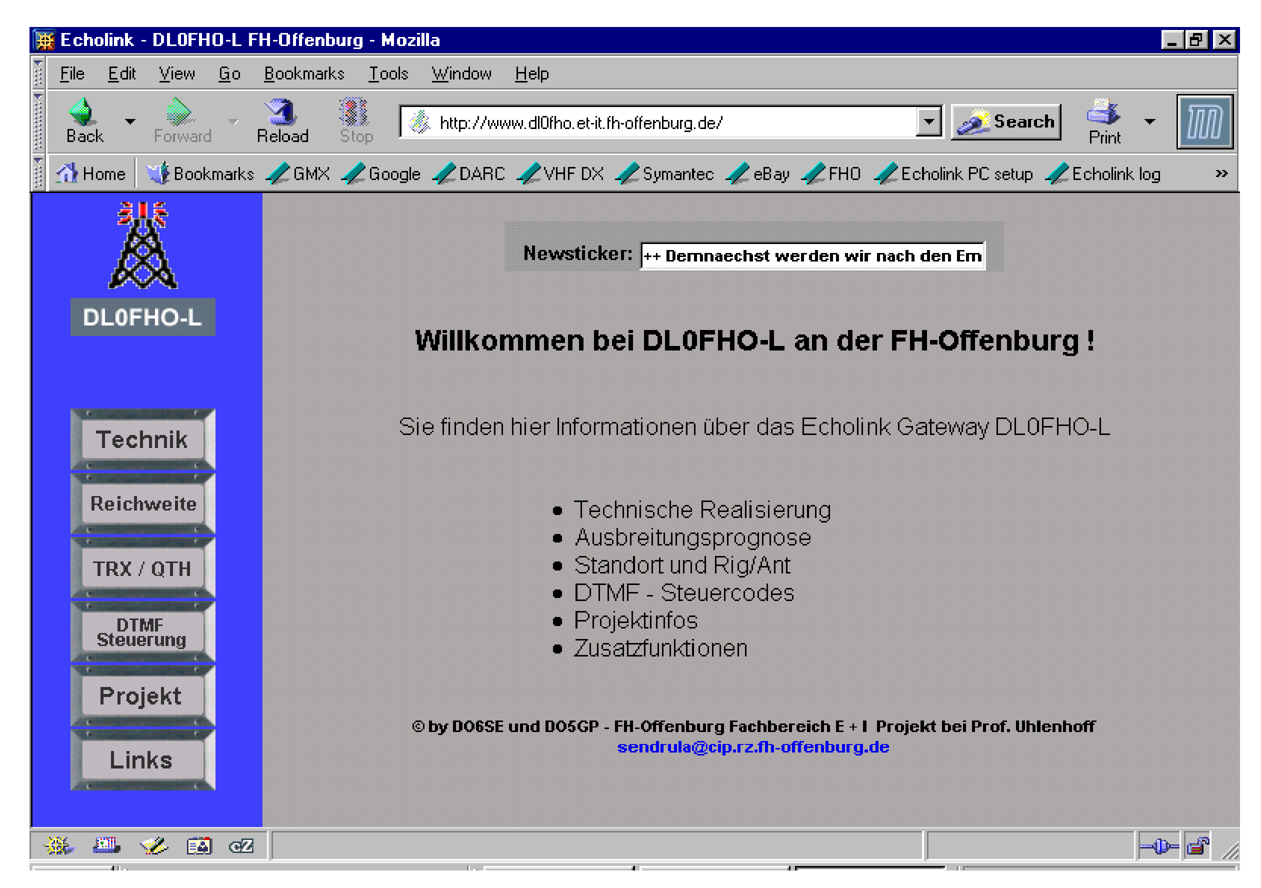


Abbildung (5. a) Website DL0FHO-L

Die Websites sind über die URL
http://dl0fho.et-it.fh-offenburg.de/index.htm
erreichbar

6 Literatur

- Mikrocontroller Werkzeugkasten HC12, A.Uhlenhoff, Aachen: Shaker 2002
- Technical Supplement MC68HC912B32, Motorola Semiconduktor 9/09/97
- Technical Summary 16-Bit Microcontroller, Motorola Semiconduktor 1997
- Optimierung eines bereits vorhandenen Mikrokontrollerplatinenlayouts MC68HC12, F.Durban, FHO, Fb. E+I
- Eagle-Hilfe für Version 4.11, W. Mücke, http://www.cadsoft.de
- ISD1400 Series Single-Chip Voice Recorder/Playback, WINBOND, http://www.winbond.com
- MT8870, Integrated DTMF Receiver, ZARLINK, http://www.zarlink.com
- 74HCT4066, Quad bilateral switches, PHILIPS, http://www.philips-semiconductors.com

CD